

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO CON BASE EN
UNA BANDA TRANSPORTADORA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
SENSORES DE PROXIMIDAD EN EL AREA DE AUTOMATIZACIÓN.**

**ABEL MAURICIO AVILA RODRIGUEZ
RODRIGO ALBERTO PULIDO GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SOGAMOSO
2015**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO CON BASE EN
UNA BANDA TRANSPORTADORA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
SENSORES DE PROXIMIDAD EN EL AREA DE AUTOMATIZACIÓN.**

**ABEL MAURICIO AVILA RODRIGUEZ
RODRIGO ALBERTO PULIDO GONZALEZ**

Tesis presentada como requisito para obtener el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

**Director:
Oscar Oswaldo Rodríguez
Profesor Asistente**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SOGAMOSO
2015**

AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros que nos colaboraron bastante con la complementación y desarrollo del, como lo fue la Ing. Liliana Fernández, quien sirvió de guía para la implementación del método de enseñanza, usada en la estructura de las guías elaboradas y de esta forma lograr cumplir uno de los principales objetivos de este proyecto.

Al ing. Oscar Hernández quien nos ayudó bastante con la interpretación de los módulos utilizados para la implementación de la planta en el laboratorio de automatización.

Un especial agradecimiento a nuestro director de tesis el Ing. Oscar Oswaldo Rodríguez, quien nos fue de guía en todo el proceso de estructuración de la idea a desarrollar en el proyecto, nos consiguió los contactos y proveedores para la adquisición de los materiales fundamentales para lograr elaborar la planta y nos facilitó el uso de cada una de las herramientas del Laboratorio de Automatización además del acceso al mismo para lograr avances importantes en el desarrollo de las guías que presentan una parte crucial en el cuerpo de esta monografía.

Su disposición para resolver todas las dudas sin excepción alguna y la conformación de ideas tanto para estructurar la planta como lograr enfatizar puntualmente en los ítems a desarrollar en este proyecto, además de proporcionar la idea original y la oportunidad de lograr el título de ingenieros al terminar el proyecto planteado.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a Dios y a mi familia, dentro de los que se encuentra mi abuelita mi tía y madre que han sido el centro de apoyo para poderme desarrollar como profesional, porque gracias a ellas que me han inculcado valores de respeto, constancia, dedicación he culminado esta etapa de la vida. También dedico este proyecto de grado a mis demás familiares, a mi tía Gladis que con sus grandes consejos y apoyo me brindaron herramientas para poder terminar mi carrera, a mi novia Laura marcela Cardozo que ha sido esa persona, que me lleno de fuerzas para sacar esta tesis y que día a día se convirtió en mi motor para continuar con nuevos proyectos en el futuro.

Abel Mauricio Ávila R

El proyecto está dedicado también a todos aquellos que ayudaron con el desarrollo del mismo y la solución de cada uno de los problemas que se presentaron en el transcurso de la elaboración, el apoyo económico incondicional de mis padres quienes me brindan la oportunidad de llenarme de herramientas para enfrentar este mundo brindándome así facilidades para llegar a cumplir mis sueños y por ende los sueños de mi “yo completo”.

Rodrigo Alberto Pulido

CONTENIDO

Pág.

1. GENERALIDADES.....	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	12
1.3 JUSTIFICACION	13
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 SENSORES.....	16
2.1.1 ACONDICIONAMIENTO Y PRESENTACIÓN.....	16
2.1.2 TIPOS DE SENSORES	16
2.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN.....	18
2.2.1 PROTOCOLO CAN	18
2.2.2 COMUNICACIÓN CANOPEN	19
2.3 ARRANCADOR DIRECTO.....	19
2.3.1 ARRANQUE DE MOTOR DIRECTO	19
2.3.2 ARRANCADOR DIRECTO	20
2.4 VARIADOR DE VELOCIDAD O CONVERTIDOR DE FRECUENCIA CFW11.....	20
2.4.1 RESPECTO DEL CFW-11.....	21
2.5 BANDAS TRANSPORTADORAS.....	23
2.6 PARTES PRINCIPALES DE UNA BANDA TRANSPORTADORA	23
2.6.1 CINTA TRANSPORTADORA.....	23
2.6.2 RODILLOS Y SOPORTES	23
2.7 APLICACIONES DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS.....	26
2.7.1 EN LA MINERÍA	26
2.7.2 EN LA CONSTRUCCIÓN.....	27
2.7.3 USOS EN LAS INDUSTRIAS	27
2.8 LENGUAJE EN LADDER Y SU LÓGICA DE PROGRAMACIÓN.....	28
2.9 ENFOQUE EDUCATIVO PBL.....	30
3. DISEÑO DE LA PLANTA.....	32
3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA BANDA.....	32
3.1.1 ESTRUCTURA DE LA PLANTA	32
3.1.2 DISEÑO PARA LA CALIBRACIÓN DE LA TENSIÓN DE LA BANDA.....	33

3.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL MONTAJE DEL MOTOR.....	34
3.3 MONTAJE MOTOR ENGRANES	35
3.4 SELECCIÓN DE LA BANDA	36
3.5 ANCHO DE BANDA (B).....	36
3.6 DISEÑO Y MONTAJE DE LAS BASES PARA LOS SENSORES CON QUE CUENTA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN.....	37
3.7 PROGRAMACIÓN EN LADDER DE PLC.....	38
 4. METODOLOGÍA DE LAS GUÍAS APLICANDO ENFOQUE PBL.....	 39
4.1 RETO DE LA PRÁCTICA	40
4.2 ESTRUCTURA DEL RETO	40
4.2.1 PROCESO INDUSTRIAL	41
4.2.2 PROBLEMA	41
4.2.3 DISPOSICIÓN DE HERRAMIENTAS	41
4.3 METODOLOGÍA DE LAS GUÍAS	41
4.3.1 ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS ELABORADAS CON ENFOQUE PBL	44
 5. CONCLUSIONES	 48
 6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	 49
 BIBLIOGRAFIA	 50
 ANEXOS	 52
 PRACTICA N°1 ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFÁSICO USANDO PLC EC4P	 53
 PRACTICA N°2 MANEJO DE SENSORES ON/OFF Y PHOTOELECTRICOSUSANDO PLCEC4P Y ARRANCADOR DIRECTO SMARTWIRE-223.....	 64
 PRACTICA N°3 VARICAION DE VELOCIDAD E INVERSION DE GIRO DE UN MOTOR TRIFASICO USANDO EL VARIADOR DE VELOCIDAD (CFW11) DESDE EL PC POR MEDIO DEL MODULO PLC EC4P	 71
 PRÁCTICA N° 4 MANEJO DE SENSORES ANALOGICOS USANDO PLCEC4P200 Y VARIADOR DE VELOCIDAD CFW11	 81

TABLA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Emisión y recepción de la señal acústica.....	17
Figura 2.	Principales componentes del CFW11.....	21
Figura 3.	LEDs y conector USB.....	21
Figura 4.	Tablero del CFW11.....	22
Figura 5.	Piñón de Transmisión.....	23
Figura 6.	Dimensiones de dentadura.....	24
Figura 7.	Forma física del Piñón.....	24
Figura 8.	Forma Interna del Motor.....	25
Figura 9.	Cinta Transportadora.....	26
Figura 10.	Esquema de Simulación Ladder.....	29
Figura 11.	Sim. Ladder (Pulsador On).....	29
Figura 12.	Forma de Cinta.....	36
Figura 13.	Dimensiones de la Cinta.....	37
Figura 14.	Esquema de lógica en Ladder.....	38
Figura 15.	Estructura del Enfoque PBL	41
Figura 16.	Estructura de las Guías de Laboratorio.....	42

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía 1. Estructura Vista Lateral (W=1500mm F=50mm).....	33
Fotografía 2. Estructura Vista Frontal (Z=120mm).....	33
Fotografía 3. Corredera del eje del Piñón.....	34
Fotografía 4. Mecanismo de corredera.....	34
Fotografía 5. Base del Motor.....	35

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. PRACTICA N°1. Arranque directo de un motor trifásico usando PLC EC4P200.

ANEXO 2. PRACTICA N°2. Manejo de sensores ON/OFF y photo eléctricos usando PLC EC4P200 y arrancador directo smartwire-223.

ANEXO 3. PRACTICA N°3. Variación de velocidad e inversión de giro de un motor trifásico usando el variador de velocidad (CFW11) desde el pc por medio del módulo PLC EC4P200.

ANEXO 4. PRÁCTICA N° 4. Manejo de sensores analógicos usando PLC EC4P200 y variador de velocidad CFW11.

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En el desempeño profesional de los ingenieros electrónicos, una de las áreas de formación con mayor acogida en el sector productivo esta dado en la automatización de procesos, sin embargo en el transcurso de la adquisición clara de los conceptos concernientes a esta área, existe una problemática de balance entre el conocimiento práctico y teórico, de la información que describe el funcionamiento de los dispositivos usados en el área de instrumentación.

Para incentivar el aprendizaje, es necesario tener una metodología de enseñanza donde el estudiante desarrolle actividades prácticas, con las cuales pueda captar de forma rápida y sencilla, lo que permitirá que el estudiante retenga lo aprendido y obtenga sus propias conclusiones con respecto al funcionamiento de los dispositivos empleados en el desarrollo de las practicas propuestas tanto en grupo como de forma individual. Este tipo de metodología es conocida como PBL (*Problem Based Learning* o *Project Based Learning*) (bie.org).

Para capacitar al estudiante y utilizar los recursos con que cuenta el laboratorio de automatización industrial de la UPTC, se diseña un prototipo de banda transportadora didáctica sobre la cual se implementan algunos de los sensores del laboratorio, todo esto con el fin de lograr una enseñanza mediante el enfoque PBL. El estudiante de ingeniería electrónica solucionará ejercicios enfocados a aumentar su capacidad para enfrentarse a problemas que se presenten en el ámbito industrial. De esta forma pueden evaluarse las destrezas del estudiante, en cuanto a programación de PLC, encendido de motores trifásicos en modo remoto, en modo local, etc.

A nivel internacional existen laboratorios bastante complejos y completos que desarrollan proyectos de investigación en convenio con importantes empresas que prestan solución a problemáticas cotidianas tanto de carácter robótico como industrial en procesos de automatización, así como en (uc3m.es) donde un completo grupo de investigadores en conjunto con ingenieros especializados desarrollan proyectos basados en las necesidades de empresas industriales y comerciantes nacionales europeas de tal forma que ponen a la Universidad Carlos III de Madrid está a la vanguardia como una gran opción para estas empresas y naturalmente cuenta con una infraestructura que posee herramientas variadas en cuanto a instrumentación y plantas manipuladas por procesos de control (www.uc3m.es).

Para lograr implementar una completa interacción entre los estudiantes de distintas universidades, y los elementos con que estas cuentan, se han

diseñado plataformas virtuales en las que un estudiante de una institución dada, puede desarrollar prácticas de forma remota, utilizando las herramientas con que cuenta un laboratorio de automatización de otra universidad en otro país, para de esta forma complementar la formación académica y por tanto, formando ingenieros más versátiles que puedan desenvolverse en temáticas de tipo industrial tal y como sucede en [8], donde los estudiantes pueden manipular accionamientos electrónicos, neumáticos, hidráulicos, entre otros, conectándose a través de internet con los PLCs de las plataformas en los laboratorios de universidades situadas en Barcelona, Manaus y Santiago de Cuba.

La importante tarea que tienen las universidades de desarrollar proyectos de investigación que suplan con las necesidades de la industria (generalmente en su entorno geográfico) en sus diferentes formas y campos, implica una actualización constante tanto de sus programas académicos como de sus herramientas didácticas, con las que pueda transmitir a sus estudiantes el conocimiento necesario para formarlos como profesionales competentes. Por esta razón es que los laboratorios de automatización de las distintas universidades de todo el mundo deben contar con esta variedad de dispositivos, módulos y plantas que acerquen al estudiante en lo posible a un entorno de desempeño laboral real. De esta forma instituciones como la Universidad de los Andes; en mecanica.uniandes.edu.co, cuenta con un laboratorio completo para desarrollar distintos tipos de proyectos que lo ponen en un ranking a nivel internacional en cuanto al adecuado y complejidad de su estructura interactiva (mecanica.uniandes.edu.co).

En otras instituciones no solo se cuenta con un laboratorio dedicado a temáticas netamente de un área en particular, sino que se crean centros especializados en el desarrollo de proyectos y simulación de procesos industriales reales tal como en (ingenieria.javeriana.edu.co), donde la Pontificia Universidad Javeriana cuenta con una serie de máquinas utilizadas en el sector productivo que permiten también desarrollar los proyectos que tiene la universidad en convenio con las empresas encargadas del desarrollo industrial de este sector y sus semejantes.

1.2 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Viendo la necesidad de implementar una herramienta didáctica de aprendizaje en el laboratorio de automatización de la UPTC seccional Sogamoso, debido a la ausencia de mecanismos que suplan dicha necesidad y de esta forma contar con recursos que ayuden al estudiante a realizar actividades prácticas con los sensores de proximidad y módulos de PLC EC4P200 con que cuenta dicho laboratorio, se requiere construir un modelo de planta e incluirlo dentro del programa de la asignatura de automatización de tal forma que sirva como medio de enseñanza para usar en conjunto con un conjunto de sensores de proximidad y módulos; arrancador directo y variador de velocidad, de tal manera que el estudiante tenga la oportunidad de desarrollar guías de laboratorio basadas en metodología de PBL, que impliquen el uso de módulos de PLC EC4P200 MOELLER, además de una familiarización básica con el lenguaje Ladder y lista de instrucciones

.

1.3 JUSTIFICACION

En el desempeño profesional de los ingenieros electrónicos, una de las áreas de formación con mayor acogida en el sector productivo está dada en la automatización de procesos, es por esto que la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) realiza esfuerzos por formar profesionales integrales y competentes en temas como instrumentación, automatización, electrónica de potencia, comunicaciones y otras áreas de interés en el ambiente industrial.

Viendo la falta de sistemas didácticos en el área de automatización de la UPTC, nace la idea de crear una planta controlada mediante los equipos con que cuenta la escuela de Ingeniería Electrónica, para esto se plantean soluciones (profesormolina.com.ar) donde se logra interacción entre los estudiantes y los diferentes sensores de un laboratorio.

En procesos industriales las bandas transportadoras son herramientas que facilitan el desplazamiento de material. Para su funcionamiento es necesario el uso de motores como elemento actuador, y sistemas de medición como variables anexas a procesos. Para el control de una banda transportadora existen varios métodos, entre ellos un sistema digital para el control como se indica en [18]; sin embargo, para este caso específico se tendrá en cuenta el uso de un controlador lógico programable (PLC) tal como el presentado por Casignia en [2].

Teniendo en cuenta que el PLC posee distintas herramientas, además de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas y cuya fundamentación teórica se puede encontrar en [6], se pretende elaborar actividades que permita al estudiante de ingeniería electrónica, desarrollar destrezas en el área de automatización, haciendo uso del módulo PLC EC4P200 y que comprendan fácilmente el funcionamiento [14], de cada uno de los tipos de sensores de proximidad entre los cuales se encuentran los capacitivos, inductivos, fotoeléctricos, ópticos, etc, presentes en el laboratorio de automatización industrial de la UPTC sede Sogamoso, implementado sobre el modulo didáctico a escala de una banda transportadora.

Es importante destacar que estos módulos PLC EC4P200 permite la programación en Ladder, también denominado lenguaje de contactos o en escalera, siendo un lenguaje de programación muy fácil de usar gracias a su interfaz gráfica [1], lo cual es clave para su interacción con los estudiantes de ingeniería electrónica en el área de automatización industrial.

Dichas actividades se pretenden puntualizar en diferentes guías de laboratorio las cuales serán desarrolladas por los estudiantes del área de

automatización. Para la elaboración de las guías se tiene en cuenta que su elaboración cumpla con el enfoque de aprendizaje basado en el enfoque PBL (Problem Based Learning), el cual se puede revisar en (<http://www.ucpbl.net>).

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Implementar una banda transportadora como recurso de soporte al aprendizaje que permita entender el funcionamiento de los sensores de proximidad del laboratorio de automatización y como pueden estos ser usados mediante un módulo PLC.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar una banda transportadora a escala con medidas de (1500 mm de largo por 210 mm de ancho) en la cual se puedan trasladar distintos tipos de material.
- Implementar sobre la banda transportadora los sensores de proximidad del laboratorio de automatización e interactuar con los módulos PLC EC4P200.
- Elaborar cuatro guías de laboratorio de automatización mediante las cuales se pretende dejar claro los conceptos de programación en Ladder y familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los sensores de proximidad con que cuenta el laboratorio de automatización contando con el enfoque de aprendizaje basado en proyectos PBL.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SENSORES

Para lograr interpretar correctamente el comportamiento dinámico de un sistema, es necesario tener en cuenta tanto el dispositivo de sensado apropiado, como un acondicionamiento de la señal que entrega y de esta forma lograr obtener datos consecuentes que serán reemplazados en las variables de la ecuación que describa dicho comportamiento.

2.1.1 Acondicionamiento y presentación

Una señal de salida de un sensor electrónico necesita de elementos de medida como acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores que ofrecen una señal apta para ser presentada o permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento específico. Estas señales normalmente son tratadas con circuitos electrónicos de control para poder interpretarse según las necesidades de su aplicación, bien sea amplificación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación o demodulación. La presentación de los resultados puede ser de forma analógica (óptica, acústica o táctil) o numérica (óptica) [15].

2.1.2 Tipos de sensores

Debido a la diversidad de sensores disponibles, para la medición de distintas magnitudes físicas, la clasificación para su estudio debe realizarse con base en un criterio específico; estos pueden ser de aporte de energía (moduladores o generadores), señal de salida (analógicos o digitales), modo de funcionamiento (deflexión o de comparación), tipo de relación entrada-salida (de orden cero o superior según el número de elementos almacenadores de energía que contenga sensor) [15].

Según la señal de salida, los sensores se clasifican como análogos o digitales; en los analógicos la información se encuentra en la amplitud de la salida, la cual varía de forma continua en el dominio del tiempo. En los digitales la salida varía abruptamente en saltos o pasos discretos, no requieren conversión A/D. Su fidelidad, fiabilidad y exactitud son mayores con respecto a los sensores analógicos, sin embargo, sus aplicaciones son más reducidas debido a que no existen muchos sensores de este tipo para mediciones en magnitudes físicas de mayor interés [15].

Tomando en cuenta las características de los sensores desde un punto de vista electrónico de acuerdo con el parámetro variable: resistencia, capacidad,

inductancia, carga o corriente entre otros, se puede reducir aún más su clasificación, tal y como se puede ver en (www.profesormolina.com.ar):

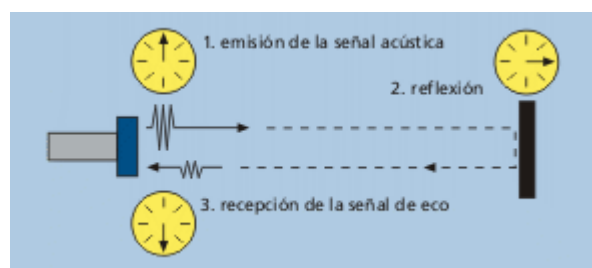
Sensor inductivo_ Un sensor inductivo está compuesto por una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original.

Sensor capacitivo_ Existen muchas aplicaciones que requieren el sensor a distancia materiales no metálicos y, para ello se emplea este tipo de sensor que usa el efecto capacitivo a tierra de los objetos a sensor.

Sensor fotoeléctrico_ Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, etc., ya que reemplazan una palanca mecánica por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20mm hasta de varias centenas de metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados.

Sensores ultrasónicos_ Emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración. Este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire. Al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve como eco al sensor ultrasónico. Este último calcula internamente la distancia hacia el objeto, basado en el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal de eco.

Figura 1. Emisión y recepción de la señal acústica



Página de consulta de tecnologías (www.microsonic.de).

Como la distancia hacia el objeto es medida por medio del tiempo de recorrido del sonido, y no por una medición de la intensidad, los sensores ultrasónicos son insensibles hacia el ruido de fondo.

2.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

Un protocolo de comunicación es imprescindible para lograr el intercambio de información entre distintos dispositivos usados en el desarrollo de un proceso y que están interconectados en una red, de esta forma dos equipos diferentes, de marcas diferentes, se pueden comunicar sin problemas en el caso en que usen el mismo protocolo de comunicaciones. Estos protocolos evolucionan de la mano con la tecnología de comunicaciones, por lo cual los dispositivos nuevos de distintas marcas deben estar al tanto de las pautas preestablecidas y de esta forma tener completa compatibilidad con el protocolo usado por excelencia, además de permitir el uso de todas las herramientas con que estos cuenten como muestra el lugar en internet (www.duiops.net).

5.2.1 Protocolo CAN

Entre tantos sistemas de comunicación y sus respectivos requerimientos de la red, el protocolo CAN es incorporado por muchas marcas debido a sus grandes ventajas frente a otros protocolos de comunicación. CAN, o CAN Bus (Controller Area Network) es un bus de comunicaciones serial para aplicaciones de control en tiempo real, con una velocidad de comunicación de hasta 1 Mb por segundo, y tiene excelente capacidad de detección y aislamiento de errores.

Este sistema emplea dos cables en los cuales viajan dos señales exactamente iguales en amplitud y frecuencia e inversas en voltaje, los módulos que implementan este sistema identifican el mensaje con estos dos pulsos, pero también poseen opciones de mantener la red activa aunque falle uno de los cables de comunicación. El sistema CAN proporciona una conexión de alta velocidad (normalmente entre 50 y 100 veces más rápida que los protocolos de comunicación típicos), además de reducir el número de conexiones requeridas para las comunicaciones entre los sistemas, información que se puede corroborar en (www.cise.com).

En una red CAN no existe un maestro que controle el acceso y modificación de la información proveniente de los nodos conectados por el bus. Cada nodo CAN escribe un marco CAN en la red, que contiene un número de identificación único (ID), de tal forma que el envío de la información es realizado únicamente cuando el nodo particular verifica que el bus está desocupado y según el número de marco CAN, otro nodo de la red decide si recibe o no el marco (www.cise.com). Cuando dos nodos intentan mandar información al mismo tiempo, la prioridad de acceso al bus la obtiene el nodo de número ID menor de esa forma los nodos con menor prioridad deben esperar a que el bus este desocupado nuevamente para realizar el envío de información.

5.2.2 Comunicación CANopen

Uno de los módulos con que cuenta el laboratorio de automatización de la UPTC seccional Sogamoso es el variador de velocidad, el cual cuenta con una capa física de red de controladores de área, para sistemas de la NI, por tanto posee diferentes tipos de conectividad con otros ensambles físicos como Compact RIO y Compact DAQ.

En una red CAN, el intercambio de datos es descrito por un estándar el cual se denomina CANopen. Esta norma se ve directamente relacionada con los mecanismos de la comunicación y las funcionalidades de los dispositivos de cada nodo, por tanto la interpretación de la información del bus CAN también está definida por CANopen. Los datos de proceso y parámetros disponibles en el bus se encuentran en una interfaz definida, organizados en un directorio objeto accedido a través de un índice de 16 bits y un subíndice suplementario de 8 bits, sin embargo para mayor información se recomienda (<http://canopen-solutions.com>), donde se especifican a mayor profundidad este tipo de procedimientos.

CANopen es un protocolo de comunicación que utiliza la capa física de red de controladores de área (CAN) que se pueden usar como un bus interno para dispositivos embebidos y aplicaciones de movimiento (redes de control de máquinas orientadas a movimiento). “Los módulos de hardware CANopen consolidan conectividad con sistemas NI Compact RIO, PCI y PXI en un solo API del software NI LabVIEW. El controlador NI-Industrial Communications for Ether CAT soporta Windows o LabVIEW Real-Time, haciéndolo más fácil para reutilizar código entre objetivos y aplicaciones. El controlador también permite importar archivos de hoja de datos electrónica (EDS), de esta forma es posible tener acceso fácilmente a los diccionarios de objetos de dispositivos. Cada módulo incluye una interfaz CANopen de 1 puerto (hasta 1 Mbit/s) y puede transmitir y recibir objeto de proceso de datos (PDO) y objeto de servicio de datos (SDO) de acuerdo al CiA-DS 301”, para mayor información véase (www.ni.com).

2.3 ARRANCADOR DIRECTO

2.3.1 Arranque de motor directo

En el arranque de un motor en directo existe un proceso de conmutación simple para conectar los devanados del estator directamente a la red [5]. Las altas corrientes de arranque llamadas corrientes de sobrecarga, causan molestas caídas de tensión de la red como resultado de esta conmutación simple. Debido a esto las compañías eléctricas limitan la potencia nominal de los motores conectados en la red, este valor límite varía de una red a otra [5]. Por ejemplo con motores de arranque pesado o de alta frecuencia de conmutación se deben tomar medidas alternativas para las variaciones de

tensión y en motores con tensiones de 400/690 V pueden arrancarse usando una configuración estrella/triángulo.

2.3.2 Arrancador directo

Los arrancadores directos son dispositivos encargados de regular la corriente eléctrica; tal como el arrancador directo del laboratorio de automatización de la UPTC seccional Sogamoso que brinda la posibilidad de conectar cuatro motores simultáneamente y uno de ellos con la opción de inversión de giro, además de ser manipulados de forma manual con switches o de forma directa por medio de un cable UTP usando un módulo de PLC. Cuando se aplica directamente la tensión nominal sobre sus borneras, el motor arranca en forma directa. Estos arrancadores en una sola operación aplican la tensión de línea a los terminales del motor, arrancando y acelerando hasta su velocidad régimen [7].

Este módulo consta de un interruptor automático que protege el motor contra cortocircuitos, sobrecargas y puede arrancar o parar el motor. Se requieren frecuentes conexiones de marcha o paro en motores pequeños y medianos, para esta función si un interruptor de protección automática actúa manualmente, se alcanzaría pronto el límite de su longevidad eléctrica al realizar frecuencias de conmutación iguales o superiores a 40 maniobras por hora. Haciendo que los arrancadores se compongan de una serie de combinaciones de interruptores protectores más contactares donde el interruptor automático protege la función de marcha o paro [4].

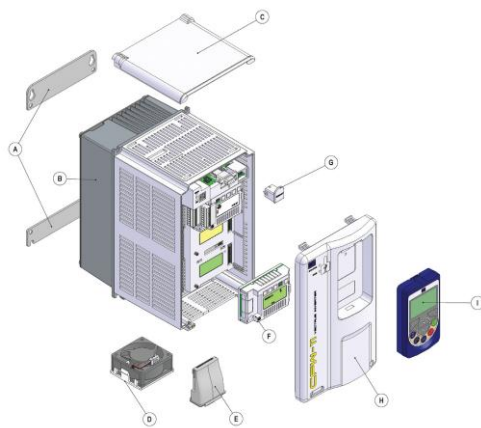
2.4 VARIADOR DE VELOCIDAD O CONVERTIDOR DE FRECUENCIA CFW11

Los variadores de velocidad o convertidores de frecuencia son la mejor solución para el arranque continuo de un motor trifásico ya que evita los picos de corriente en las redes eléctricas y repentinas cargas en las partes mecánicas de la máquina, todo esto debido a la limitación de corriente ajustable, además con el convertidor de frecuencia puede realizar el control de velocidad del motor como principio de funcionamiento a nivel general como se puede observar en el catálogo de un variador de velocidad de la familia PowerXL (www.eatonelectric.es). En cuanto a los precios de este dispositivo aparentemente es más costoso sin embargo durante la operación a largo plazo el arranque suave del motor garantiza una vida útil más larga lo que implica un ahorro en costos. Entre muchas de las ventajas de los convertidores de frecuencia se incluye la estabilidad a altas velocidades con fluctuación de carga.

2.4.1 Respetto del CFW-11

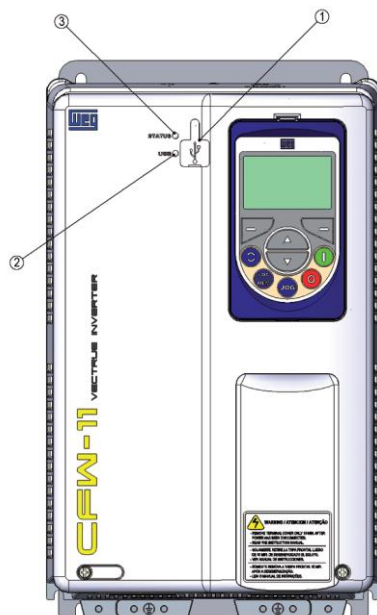
El convertidor de frecuencia CFW-11 es un dispositivo que permite el control de velocidad y torque o par de motores de inducción trifásico, las ventajas de este dispositivo con tecnología “vecture” la cual presenta las siguientes ventajas: Control escalar (V/f), control vectorial, Función “Autoajuste”, Función “Autoajuste”. [20]. El CFW-11 consta de las siguientes partes:

Figura 2. Principales componentes del CFW11



- A – Soporte de fijación (para montaje en superficie)
- B – Disipador
- C – Tapa superior
- D – Ventilador con soporte de fijación
- E – Módulo COMM2 (anybus)
- F – Módulo de tarjeta accesorio
- G – Módulo de memoria FLASH
- H – Tapa frontal
- I – HMI

Figura 3. LEDs y conector USB



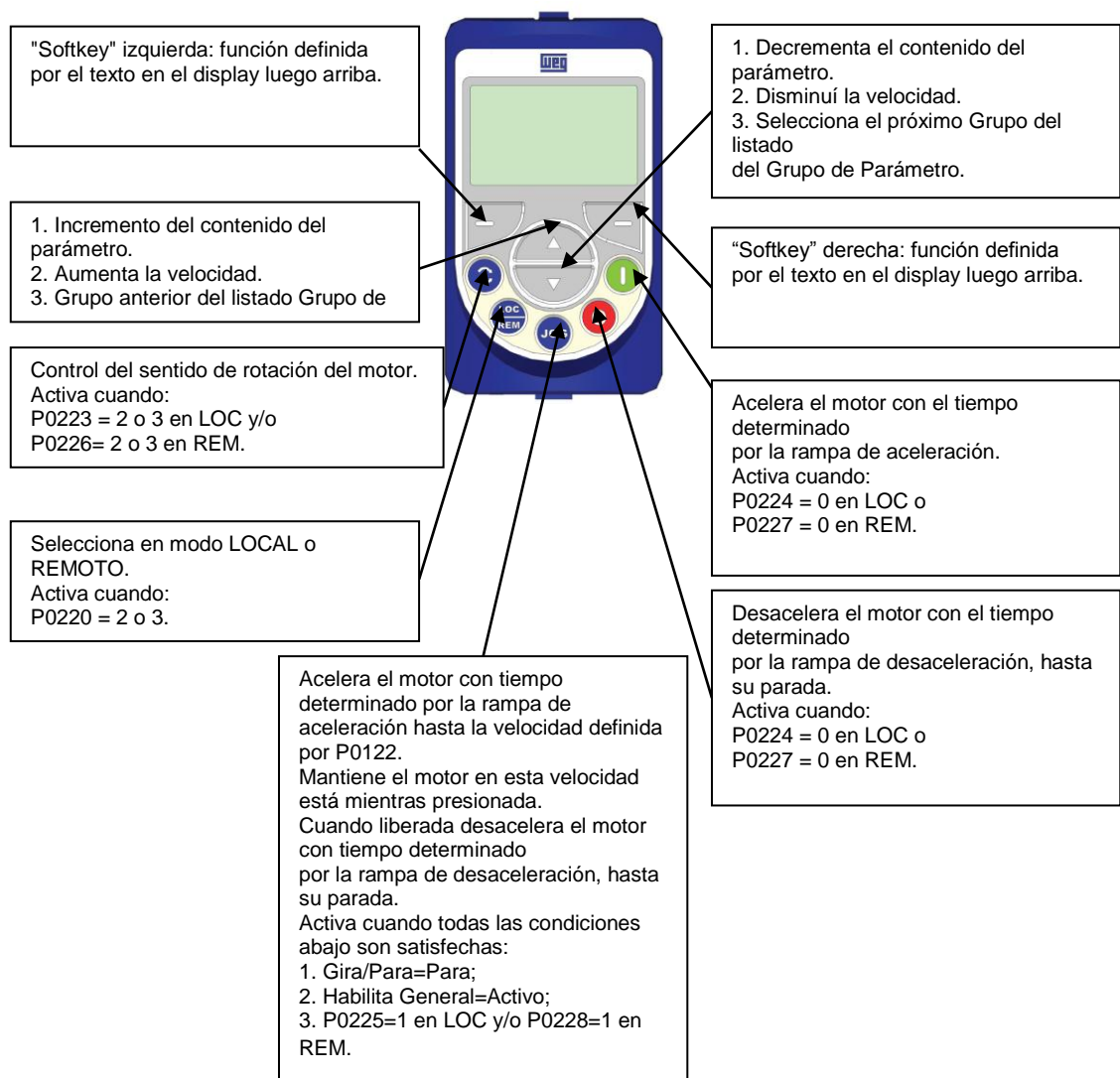
- 1. Conector USB
Encendido/Parpadeando:
Comunicación USB activa.
- 2. Led USB Apagado: Sin
conexión USB

Manual de especificaciones del CFW-11 V3.1X [20].

3. Leds de estado (STATUS)
 Verde: Funcionamiento normal
 sin falla o alarma en amarillo: En la condición de alarma
 Rojo
 parpadeando: En la condición de fallo

A través de la HMI es posible el comando del convertidor de frecuencia, la visualización y el ajuste de todos los parámetros. Posee modo de navegación semejante a la usada en móviles (celulares), con la opción de acceso secuencial a los parámetros o a través de grupos (Menú) [20].

Figura 4. Tablero del CFW-11



Manual de especificaciones del CFW-11 V3.1X [20].

2.5 BANDAS TRANSPORTADORAS

Para crear un transportador es necesario tener en cuenta las características esenciales de la banda, y conocer cada una de sus partes principales, de esta forma se puede lograr una funcionalidad más precisa, por lo que en el momento de la construcción se elaboran por separado las piezas [18].

2.6 PARTES PRINCIPALES DE UNA BANDA TRANSPORTADORA

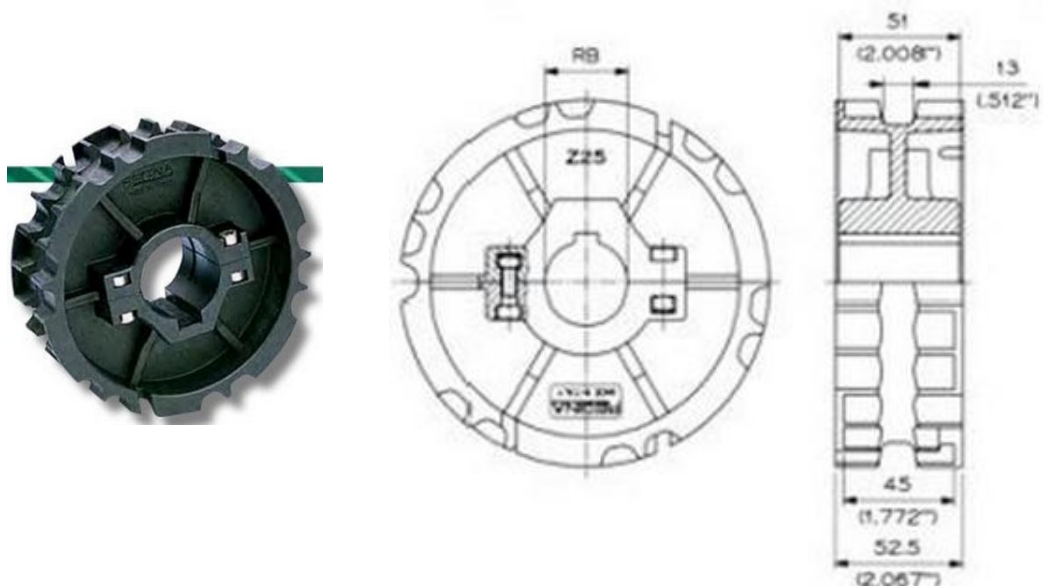
2.6.1 Cinta Transportadora

Una de las características más propias de la cinta transportadora elegida para esta banda es que posee guías para los engranajes, lo cual evitara el descarrilamiento de la misma, un aspecto importante que se tuvo en cuenta para la construcción como una condición de diseño.

2.6.2 Rodillos y soportes

Los rodillos también fueron proporcionados por REGINA Conveyor (transportador) Conveyor, estos poseen unos dientes que se acoplan perfectamente a las guías de la cinta, la cual descansa sobre unos soportes que evitan el desgaste de la cinta a causa de la fricción (8 soportes a cada lado de la cinta).

Figura 5. Piñón de Transmisión

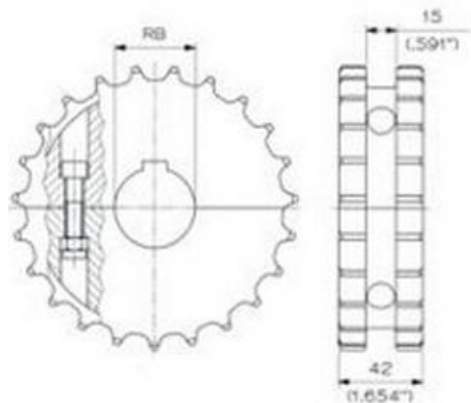


Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

2.6.2.1 Bastidor. Para desarrollar la estructura de soporte para la banda y sus componentes varios, se tomaron en cuenta las siguientes características: el material de la estructura en su totalidad debe ser de un material duradero y resistente (aluminio y acero), se requiere de unos rieles en los cuales se desplazaran los sensores del laboratorio mediante unas bases especiales y de preferencia del mismo material, el bastidor debe contar con una base en la cual se pueda descansar el motor eléctrico de inducción trifásica (también proporcionado por REGINA Conveyor) y por último la estructura debe contar con cuatro bases que soporten el peso tanto de las partes de la banda como del motor, sin exceder demasiado el tamaño para lograr ser colocado en alguno de los bancos del laboratorio de automatización de la UPTC.

2.6.2.2 Tensores de banda. La construcción del sistema de tensión de la banda permite una graduación de tensión de la cinta de forma mecánica manual, teniendo en cuenta que el material de la cinta no es flexible, los rodillos fueron acoplados en dos bases metálica, una de ellas puede ser separada lentamente de la otra usando dos tornillos sin fin, para de esta forma evitar que la cinta quede a una sola tensión donde pueda comprometerse su estructura y se estropee o bien se vea afectada disminuyendo su vida útil.

Figura 6. Dimensiones de dentadura



Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

Figura 7. Forma física del Piñón



Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

2.6.2.3 Reductor. El motor SINFÍN CORONA SK 1SI31 obtenido por el proveedor, trae una caja reductora (velocidad de salida 26.4 RPM a 220 VAC) típica de motores usados en este tipo de plantas, lo cual facilita el traslado y sensado de los objetos prueba (cubos), utilizados en el desarrollo de las prácticas. Este motor cuenta con una hoja de especificaciones donde se encuentran características como, Factor del servicio del motor 0.8, Tensión nominal del motor de 220V, Corriente nominal del motor de 900mA, Rotación nominal de 1360rpm, Frecuencia nominal de 60Hz, 0.18 kw de potencia, entre otros como su tipo de conexión que puede ser alterada manualmente según la necesidad. Estos valores serán cruciales en el desarrollo de algunas guías para lograr configurar los módulos de variador de velocidad o de PLC desde el computador según se prefiera y así permitir que estos actúen de forma pertinente el motor de la planta.

Figura 8. Forma Interna del Motor



Imagen obtenida de (alejandroburbano.wordpress.com)

Una de las primeras bandas transportadoras fue creada en la década de 1900, debido a la necesidad de los empleados que trabajaban largas horas levantando elementos muy pesados y grandes, fue elaborada la primera banda. Esta herramienta fue creada con el fin de transportar elementos conjuntos al colocarse sobre la cinta, la cual trabajaba sobre una pieza de madera y un lienzo normalmente echo de un material de caucho o cuero convirtiéndose en una herramienta muy útil en el transporte de objetos (guidedocstab.com). Transcurrido los años a principios de la segunda guerra mundial desarrollaron materiales sintéticos de las bandas ya que productos naturales como caucho y cuero eran muy difíciles de obtener, y con el rápido crecimiento de la tecnología y con la necesidad de satisfacer la demanda de los clientes se desarrollaron bandas transportadoras con mejor desplazamiento de un lugar a otro para

objetos grandes y pequeños. Estas bandas transportadoras permiten a las empresas desempeñar mejor tareas específicas según la necesidad y con esto mejorar la productividad en diferentes procesos industriales, evitando que el empleado resulte lesionado en el levantamiento de objetos pesados.

Con el paso de los años y con el crecimiento tecnológico las bandas transportadoras son programadas y controladas por un computador haciendo que este proceso sea únicamente supervisado por un solo operario lo que permite que este se concentre más en su tarea y al tiempo que la empresa ahorre muchos costos, como lo indica el paso del tiempo en una breve reseña histórica en (guidedocstab.com).

2.7 APLICACIONES DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

Figura 9. Cinta Transportadora



Imagen obtenida de la página (www.mantenu.com)

Las bandas transportadoras son una herramienta muy útil en el desplazamiento de materiales y son el mejor método para manejar objetos tanto grandes como pequeños sin que estos se desperdicien o se extravíen con facilidad, también los transportadores hacen de procesos de flujo continuo la mejor solución para fijar ritmos de trabajo continuo.

Los principales usos de los transportadores se dan mayormente en la minería, construcción, industria alimenticia, industria motriz entre otros; a continuación veremos la aplicación en alguno de estos campos.

2.7.1 En la minería

Opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención. Los transportadores pueden seguir la naturaleza ordinaria del terreno, debido a la habilidad que poseen para atravesar pasos relativamente inclinados (pendientes y gradientes, de hasta 18°, dependiendo del material transportado) tal y como se muestra en rincondelvago.com.

Con el desarrollo de tensiones elevadas, materiales sintéticos y/o miembros reforzados de acero, un tramo del transportador puede extenderse por millas de terreno con curvas horizontales y verticales sin ningún problema, así:

- Tienen poco desgaste al trabajo agreste y duro de la minería
- Estas características son importantes en la minería o en excavaciones, en donde dos o más operaciones de cavado pueden dirigirse a un mismo punto central de carga.
- En el final de la descarga, el material puede ser disperso en diversas direcciones desde la línea principal.
- El material también puede ser descargado en cualquier punto a lo largo del transportador mediante la maquinaria complementaria para éste efecto.

2.7.2 En la construcción

Presenta grandes garantías en este proceso como facilidad y rapidez en el montaje ya que este puede ser armado y desarmado con gran facilidad, una gran capacidad para el transporte de material a grandes distancias, además de rapidez en la conducción del material a sitio de trabajo con seguridad y eficiencia tal como indica (rincondelvago.com).

5.7.3 Usos en las industrias

5.7.3.1 En la industria de alimentos. Es en uno de los lugares donde este sistema es más utilizado porque agiliza la producción ya que este sistema posee una velocidad constante y sin interrupción. Es higiénico lo cual hace que el producto no se contamine con bacterias suciedades u otros factores que modifiquen el producto y puede ser instalado en interiores para obtener una mayor protección del producto. El diseño propio de los sistemas de transportadores, ha requerido reducir el control a botones de accionamiento en los diferentes tramos del transportador, y que además pueden ser controlados desde estaciones permanentes de control (rincondelvago.com).

5.7.3.2 En la industria motriz. Es útil para el proceso de producción ya que las líneas modulares de los transportadoras de cintas, pueden ser extendidos, acortados o reubicados con un mínimo de trabajo y tiempo. Las cintas transportadoras no tienen competencia en cuanto a capacidad de transporte. A una velocidad de 5 m/s, ésta puede descargar más de 100 toneladas métricas por minuto de materia prima además que también su gran eficiencia reduce los costos de producción. (rincondelvago.com).

2.8 LENGUAJE EN LADDER Y SU LÓGICA DE PROGRAMACIÓN

Las instrucciones de entrada son las condiciones que tiene el circuito para dejar o no dejar pasar la corriente de una línea a la otra. Estas condiciones se manejan comúnmente con contactos normalmente abierto o cerrados los cuales interpretan las señales de alto y bajo de sensores o interruptores.

Si las condiciones son verdaderas la corriente llega a las instrucciones de salida las cuales generan acciones como energizar una lámpara o la bobina de un motor como en el caso de los ejercicios planteados en las guías. De esta forma el paso de la corriente a las bobinas de salida están condicionadas por la lógica que manejen las instrucciones de entradas.

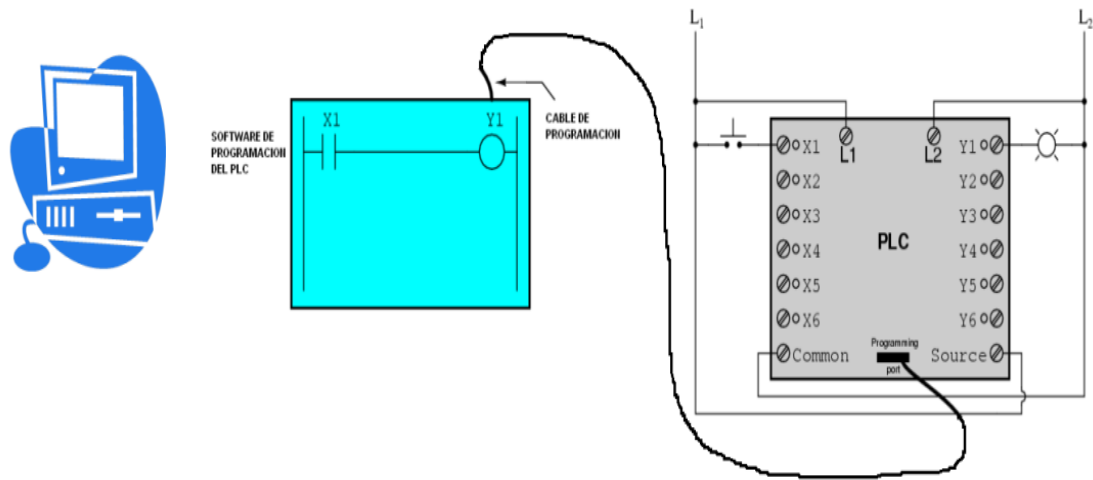
Un PLC tiene muchas terminales “de entrada” y también muchos terminales de salida, a través de los cuales se producen las señales “alta” o “baja” que se transmiten a las luces de energía, solenoides, contactores, pequeños motores y otros dispositivos que se prestan a control ON / OFF. En un esfuerzo por hacer PLC fácil de programar, el lenguaje de programación Ladder fue diseñado para asemejarse a los diagramas de lógica de escalera.

Las conexiones de un PLC y estándares de programación según los trabajos realizados en (<http://www.monografias.com>), varían un poco sin embargo los conceptos son los mismos, así que tanto el cableado de alimentación como la programación son de alguna forma genéricos.

Por medio del software Xsoftcodesys se establece la lógica del sistema de control. Este software determina qué salida se energiza y en qué condiciones de entrada.

El programa se carga en el PLC y es visto a través de una computadora personal conectada al puerto de programación del PLC como se representa en la Figura 10.

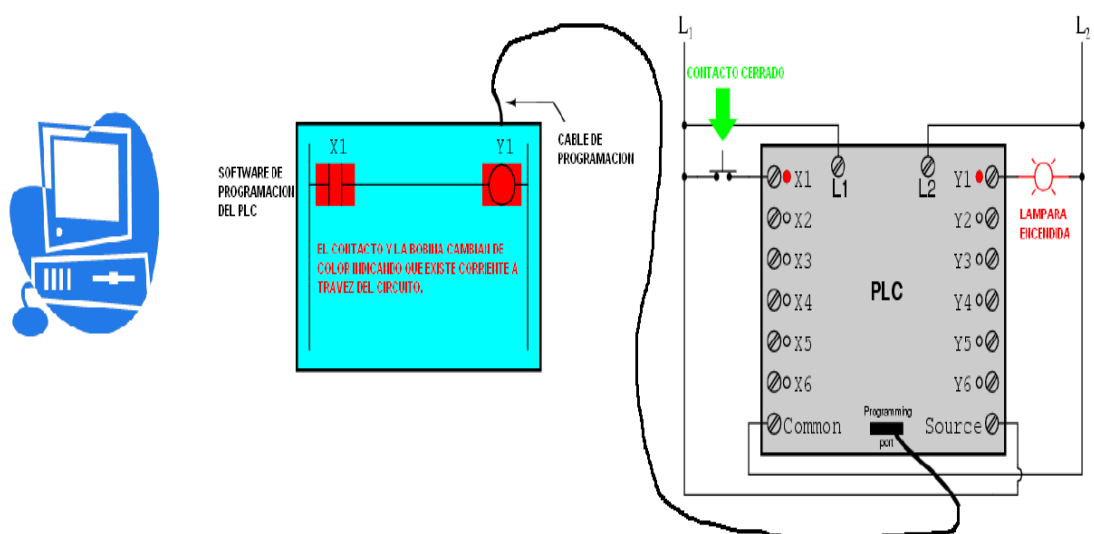
Figura 10. Esquema de Simulación Ladder



Fuente: Autores

Si el interruptor de botón se presiona la corriente circula por el contacto, cambiando de estado ha cerrado y se envía una señal “alto” a la entrada X1 del PLC. Esto ocasionara que la bobina Y1 del programa se energice y la lámpara se iluminara como se observa en la Figura 11.

Figura 11. Sim. Ladder (Pulsador On)



Fuente: Autores

2.9 ENFOQUE EDUCATIVO PBL

Una forma fácil en la que los estudiantes adquieran conocimientos y habilidades de trabajo prolongado de investigación y solución de situaciones complejas, problemas o desafíos es el método de aprendizaje basado en proyectos como lo indican sus siglas en inglés (*PBL Problem Based Learning*) (www.bie.org). Este método contiene una serie de elementos esenciales como: contenido significativo, competencias del siglo XXI, investigación en profundidad, conducción de pregunta, saber, voz y opción, crítica y revisión, entre otras cualidades importantes que forman al estudiante prácticamente a prueba de cualquier exigencia de su época (www.bie.org).

Estudios enfocados hacia las ventajas que posee la aplicación de esta metodología de enseñanza indican que existe una posibilidad más alta de generación de empresas cuando se trata de enfatizar en formación por proyectos e investigación en la frontera del conocimiento. Este enfoque permite desarrollar en el estudiante una capacidad inventiva para la solución de problemas reales además de mantenerlo en un ambiente relacionado con la vanguardia tecnológica en donde se generan posibilidades directas de trabajo sacadas de los grupos de investigación formados bajo este enfoque como lo indica el proyecto de aplicación de esta metodología en (www.adingor.es).

Una adaptación a esta metodología que puede ser enfocada prácticamente de la misma forma es la ABP (Aprendizaje Basado en Problemas o Proyectos) que es implementada en algunas universidades públicas europeas en asignaturas de Dirección de Proyectos donde se manejan tecnologías de información y comunicación que mantienen actualizado el aprendizaje de los alumnos realizando de esta forma un enfoque directo hacia el desempeño futuro de sus labores como profesional como por ejemplo “Se describe la experiencia llevada a cabo en la docencia de la asignatura “Proyectos” impartida en la titulación Ingeniería Industrial de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Gijón (EPSIG) de la Universidad de Oviedo, España, de igual forma se tienen en cuenta los aportes en las competencias en el ámbito de ingeniería, tanto de los alumnos (en grupos de investigación) como de los tutores, a quienes se les incorpora una planificación, seguimiento y evaluación constante de respuesta a la implementación de este método de enseñanza.

Una forma coherente de acercar el aprendizaje a las competencias profesionales es la implementación de un entorno más interactivo y motivador, en la formación universitaria, tanto para alumnos como profesores dando de esta forma una mayor facilidad de aprendizaje y enseñanza para cada parte, respectivamente.

Finalmente se incorpora al proceso de aprendizaje las posibilidades ofrecidas por las nuevas tecnologías, teniendo en cuenta que éstas deben integrarse perfectamente en las actividades previstas para no distorsionar su realización y que los alumnos no pierdan de vista que el objetivo es el proyecto de ingeniería y no únicamente el uso de una determinada herramienta software [10].

La metodología de enseñanza PBL es una herramienta esencial para lograr la implementación de la banda transportadora; desarrollada en este proyecto, en la asignatura de Electrónica Industrial. Debido a que este método genera en los estudiantes, competencias en las asignaturas donde se ha aplicado el método de enseñanza PBL; como se ha demostrado en estudios realizados sobre los resultados obtenidos de la ejecución de este método en la enseñanza de otras áreas de la ciencia, el mecanismo servirá como herramienta para demostración de soluciones, simulación de aplicaciones y evaluación de resultados, al asociar unas guías de laboratorio con el uso de este y los sensores de proximidad del laboratorio de Automatización.

El permitir al estudiante desarrollar soluciones a problemáticas reales planteadas dentro de las guías de laboratorio, incita una formación profesional enfocada y práctica. Desarrollar las capacidades del estudiante para enfrentarse a entornos laborales asociados con su desempeño profesional, le motivara a la investigación, tomando como soluciones viables el uso de este tipo de mecanismos y comprender su papel dentro de un proceso industrial además de su funcionamiento al interactuar con los módulos del laboratorio, las prestaciones que estos brindan y los procesos que se deben llevar a cabo para su conexión y comunicación entre ellos.

El asociar los conocimientos adquiridos en la asignatura, con procesos físicos tangibles y no únicamente a hojas de especificaciones de los dispositivos del laboratorio, permite al estudiante lograr una retentiva y comprensión de las características físicas de los sensores y módulos, el papel que pueden desempeñar estos dispositivos en un proceso, reconocimiento por forma y funcionamiento. Logrando a su vez la posibilidad de plantear el desarrollo de un proceso completo y selecto, como solución a una problemática dada, al tener en cuenta las capacidades de los sensores del laboratorio y poder determinar si es pertinente o no tomar en cuenta un sensor específico, como parte del sistema planteado según su aplicación.

3. DISEÑO DE LA PLANTA

3.1 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA BANDA

El diseño de la planta se realizó a una escala conveniente de fácil transportación, sus piezas se pueden reemplazar de manera sencilla, en llegado caso que deba reemplazarse, siendo así un diseño didáctico de una banda transportadora, para el laboratorio de automatización.

Para la construcción del transportador se adquirió un motor AC eléctrico, engranes y una banda o cinta transportadora, estas piezas debían cumplir con ciertas características para poder llevar a cabo el desarrollo de las practicas.

En el proceso de la construcción se tomaron medidas al lugar de trabajo donde se daría uso al transportador. Estas medidas fueron tomadas de las mesas de trabajo donde se encuentran instalados los módulos de arrancadores directos y variadores de velocidad con que cuenta el laboratorio de automatización de la UPTC todo esto con el fin de que en el momento de realizar las practicas se tuviera un diseño practico cómodo y de fácil movilidad en llegado caso q se necesite desplazar el transportador de un área de trabajo a otro.

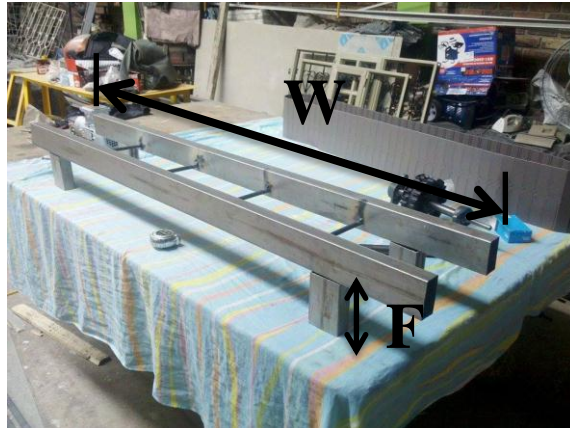
Una vez escalada la planta se procedió a elaborar la carcasa de la banda transportadora, con materiales robustos como soportes en hierro. Las dimensiones de esta estructura no excedieron los 200cm ya que las mesas, donde se desarrollaran las prácticas, no poseen dimensiones de gran longitud.

3.1.1 Estructura de la planta

La estructura del transportador posee las siguientes dimensiones, 1500mm de largo por 210mm de ancho como se observa en la Figura 10 y la Figura 11, cada travesañ lateral esta soldado por varillas que unen la estructura y cuyas dimensiones son de 120mm.

En la parte inferior de los travesaños laterales se encuentra las bases, en forma apoya pies, cuya función es dar estabilidad a toda la estructura del transportador y cuyas dimensiones son de 50mm.

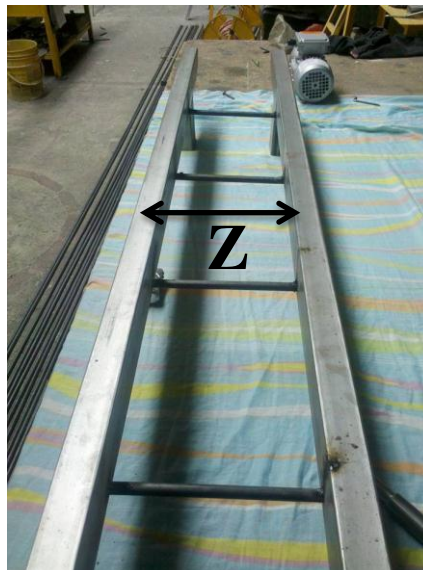
Fotografía 1. Estructura Vista Lateral ($W=1500\text{mm}$ $F=50\text{mm}$)



Fuente: Autores

Esta estructura consta de soportes entre los travesaños que dan mayor rigidez a la estructura todo esto con el fin de que la banda transportadora no oscile ni se des calibre cuando esté en funcionamiento.

Fotografía 2. Estructura Vista Frontal ($Z=120\text{mm}$)



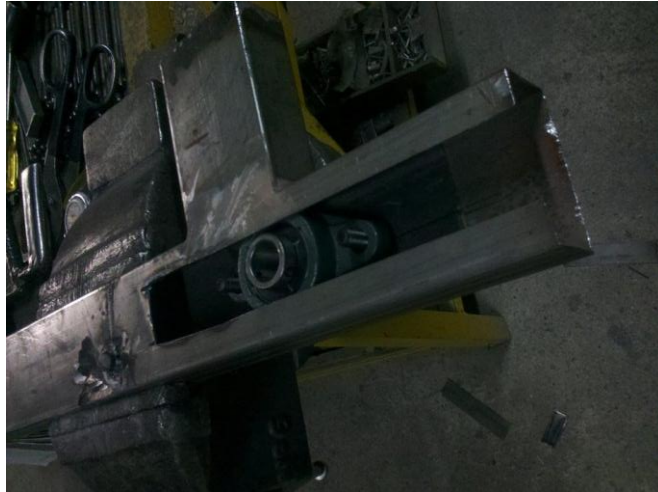
Fuente: Autores

3.1.2 Diseño para la calibración de la tensión de la banda

Para la calibración de la banda se creó un diseño que fuera de fácil manejo y que nos permitiera ajustar la cinta o banda del transportador. El diseño consta de dos tornillos y un tambor que se desplaza sobre los soportes horizontales los

cuales nos permitirán ajustar la banda, dando un control adecuado, sobre la tensión de la cinta del transportador, todo esto con el fin de que no quede demasiado alongada o tensionada, porque esto generaría un desgaste en la banda o podría ocasionar un descarrilamiento de los objetos colocados.

Fotografía 3. Corredera del eje del Piñón



Fuente: Autores

Fotografía 4. Mecanismo de corredera



Fuente: Autores

3.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA PARA EL MONTAJE DEL MOTOR

Después de realizar el montaje de la estructura del transportador, se elabora una base para colocar el motor eléctrico de corriente alterna AC, este motor

posee unas dimensiones en su base de 10x12 cm, con una potencia de 1 HP a 220v conectado en estrella. El motor posee una caja reductora, lo cual nos dará el torque necesario para desplazar objetos medianamente pesados, de la caja reductora sobre sale un conector para los engranes, dándole movilidad a la banda.

Fotografía 5. Base del Motor



Fuente: Autores

Al extremo contrario de la ubicación del motor, se monta otro engrane, que nos permite un perfecto deslizamiento de la cinta sobre la estructura elaborada.

3.3 MONTAJE MOTOR ENGRANES

Una vez Realizado el montaje del Moto Reductor (SINFÍN CORONA SK 1SI31 0.18 kw velocidad de salida 26.4 RPM a 220 VAC), la estructura, engranes y la banda, se observó que la cinta del transportador, presentaba una falla en el diseño, cuando la cinta se desplazaba sobre la estructura de hierro, la banda presentaba una fricción constante, haciendo que se deteriorara de manera rápida la banda, para solucionar el inconveniente, se debió colocar rodachines que disminuirían la fricción entre la banda y la estructura de hierro, evitando el desgaste mecánico.

3.4 SELECCIÓN DE LA BANDA

Idealmente se espera que el material de la cinta transportadora cumpla con el mayor tiempo de vida útil posible, al transportar un material específico. Algunas características del material a transportar son tomadas en cuenta para la selección de una cinta transportadora pertinente, estas son: peso, tamaño, fluidez, temperatura, abracividad, corrosividad, adhesividad entre otras.

FIGURA 12. Forma de Cinta



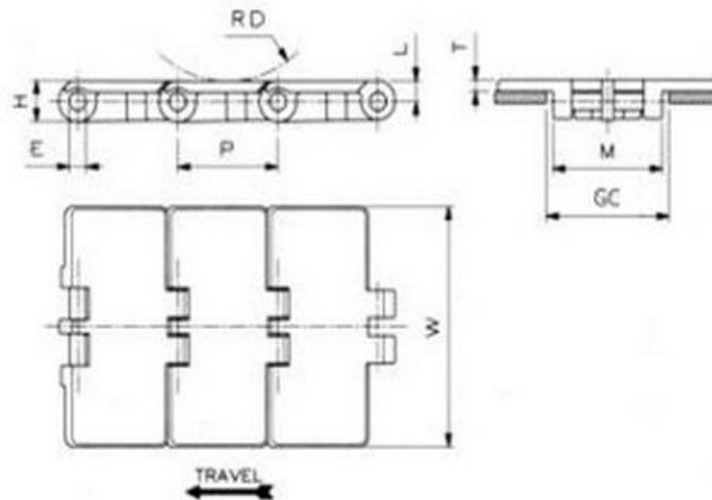
Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

Teniendo en cuenta que para la banda transportadora del laboratorio se necesita movilizar unos cubos de madera y otros con cobertura metálica, fue preciso elegir una cinta transportadora en forma de oruga para evitar el deslizamiento de los cubos. Se despreció el análisis para peso y temperatura ya que estos son de poco tamaño y aun apilados, no significan un peso considerable.

3.5 ANCHO DE BANDA (B)

El ancho de la cinta depende directamente del tamaño del material a transportar, para lo cual fue necesario adquirir la opción más económica propuesta por REGINA Conveyor, el cual fue el proveedor de algunos materiales usados en la construcción del transportador.

Figura 13. Dimensiones de la Cinta



Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

Tabla: Dimensiones de las cotas de la cinta

TABLA DE DIMENSIONES DE LA CINTA		
Dimensión	mm	Inches
P	38,1	1,5
M	41,6	1,638
L	7,2	0,283
H	14,3	0,563
E	6,35	0,25
RD	40	1,575
GC	44	1,732

Fuente: Catalogo de Regina Conveyor

Las dimensiones de la cadena no debían superar los 25cm de ancho por 1.5m de largo, de esta forma se elige una cadena que se vendía únicamente en segmentos de 3m lo cual era más que suficiente para las dimensiones estipuladas inicialmente por la propuesta del proyecto.

3.6 DISEÑO Y MONTAJE DE LAS BASES PARA LOS SENSORES CON QUE CUENTA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN.

Después de realizar pruebas con todo el montaje y sus respectivas modificaciones se procede a implementar los sensores con los que cuenta el laboratorio de automatización como analógicos y digitales, tales como capacitivos, inductivos, fotoeléctricos, ultrasónicos, sin embargo al momento de colocar dichos sensores no se poseía una base que los sostuviera, para esto se elaboran bases en material de hierro hechas sobre medidas a los soportes de los sensores. Para la elaboración de las bases de los sensores se cubrió la necesidad de las guías, ya que las guías se enfocan en ejercicios donde el

estudiante debe interactuar con varios sensores en la misma línea y debido a esto se construyen bases multinivel.

3.7 PROGRAMACIÓN EN LADDER DE PLC

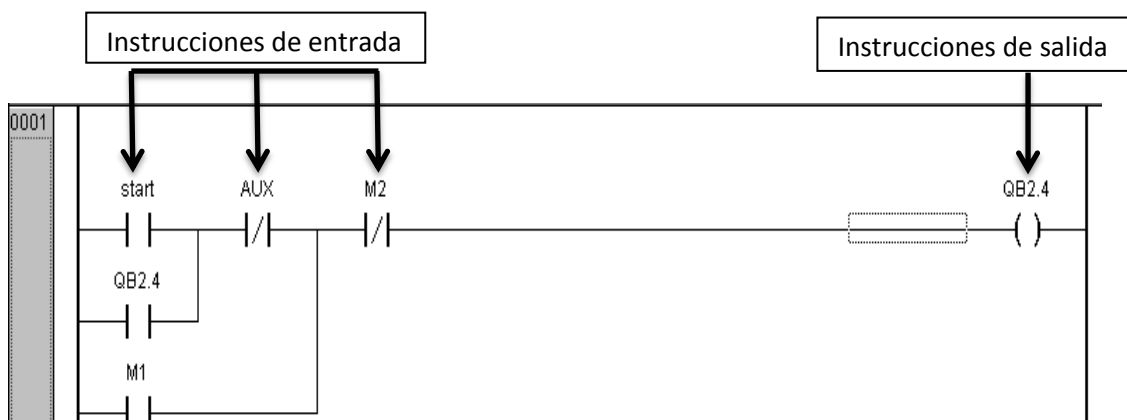
Las guías implementadas con enfoque PBL, fueron desarrolladas bajo programación en Ladder o tipo escalera. Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales (de alimentación) y "escalones" (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones [11]. De esta manera Las principales características del lenguaje Ladder son instrucciones de entrada se introducen a la izquierda e Instrucciones de salida se situarán en el derecho.

- Los carriles de alimentación son las líneas de suministro de energía L1 y L2 para los Circuitos de corriente alterna y 24 V y tierra para los circuitos de CC (corriente continua).
- La mayoría de los PLC permiten más de una salida por cada renglón (Rung).
- El procesador (o "controlador") explora peldaños de la escalera de arriba a abajo y de izquierda a derecha.

Este lenguaje de programación permite elaborar diferentes aplicaciones enfocadas a la automatización industrial tal como (aprecil.blogspot.com.co). Se usa el software xsoftcodesys para el desarrollo de los ejercicios planteados en las guías. Este software posee varias herramientas con las que podemos simular ò trabajar directamente con diferentes tipos de sensores y actuadores.

La lógica para programar en xsoftcodesys se presenta de la siguiente manera:

Figura 14. Esquema de lógica en Ladder



Fuente: Autores

De esta manera están programadas las guías del laboratorio, estas guías se encuentran en anexos [28].

4. METODOLOGÍA DE LAS GUÍAS APLICANDO ENFOQUE PBL

La inmersión de esta metodología de enseñanza es bastante productiva, por lo mismo puede ser aplicada en cualquier tipo de enseñanza bien sea una capacitación de un proyecto, una asignatura fundamental (como lo es este caso) o bien sea en una asignatura básica de un programa [16] donde sea necesario el salirse de la teoría para poner en práctica el conocimiento además de lograr un “reconocimiento de entorno real”, planteando lecciones que impliquen el uso de dispositivos o estructuras físicas cuyo funcionamiento y desempeño no pueda notarse abierta y claramente en su hoja de especificaciones, del mismo modo para los manuales de módulos de desempeño industrial. De la misma forma esta metodología al basar su enseñanza en proyectos reales, pueden presentarse temáticas o problemáticas que incluyan más de un área, por tanto también es aplicable en el desarrollo de proyectos que conlleven a la interacción de distintas áreas de la ciencia [9] para de esta forma llegar a realizar el desarrollo de temáticas más completas y acordes a un proceso industrial o temática de la vida real donde se tienen en cuenta los distintos enfoques y variables que pueden afectar el correcto funcionamiento de un sistema elaborado.

Emplear esta metodología desarrolla en el estudiante una serie de habilidades que le permiten no solo enfocarse en el ámbito industrial de un entorno laboral real, sino también lograr el desarrollo de distintos proyectos de investigación como el proyecto de [12] lo que demuestra que no solo genera en el estudiante el desarrollo de competencias específicas sino también generales y así lograr aptitudes de investigación y por tanto mayor desarrollo científico. Otro resultado muy importante que se puede obtener de este tipo de metodología es que las soluciones planteadas por los estudiantes llegan a ser bastante precisas y afines a las problemáticas reales puesto que se toman en cuenta temáticas netamente de este tipo como lo muestra la reseña histórica de un análisis a los resultados obtenidos de la aplicación de este método en [19] de tal forma que esta metodología puede aplicarse a cualquier asignatura de cualquier carrera pues la clave está en realizar de manera completa y concreta el ejercicio de aplicación, para que el estudiante proponga su solución mediante simulación u otras herramientas que disponga el laboratorio de dicha asignatura así como en [3]. Por otro lado otra de las ventajas a favor del estudiante además de lograr despertar su ingenio y destreza competitiva entre otras, es que pueda desarrollar la ejecución completa de estas soluciones planteadas para así poder implementar sus ideas y de esta forma debido a la alta calidad de sus propuestas así como lo indica a base de un estudio aplicado en otra asignatura de comercio para el desempeño de un ingeniero electrónico

literalmente [17]. Para lograr la implementación del mecanismo desarrollado, como una ayuda para enseñar parte del programa en la asignatura de automatización de la UPTC seccional Sogamoso de forma fácil y didáctica, no basta solo con ensamblarlo sino también encontrar una función específica como parte del programa de enseñanza ya estipulado por la escuela de ingeniería electrónica en la institución. De acá surge la idea de implementar unas guías bastante estructuradas para que puedan ser resueltas en su totalidad por los estudiantes que cursan la asignatura de automatización; sin embargo, una forma ms fácil de lograr la asimilación de esta teoría correspondiente a la asignatura, por parte de los estudiantes que la cursan, es la implementación de una metodología ya empleada en bastantes áreas de la ciencia para lograr su aprendizaje, con excelentes resultados en poco tiempo [17].

La metodología PBL hace parte fundamental en la estructura que compone las guías elaboradas en este proyecto, de esta forma mediante problemáticas planteadas al final de cada guía; donde se emplean herramientas explicadas y evaluadas previamente, el estudiante logra proponer soluciones completas simulando casos que se pueden presentar en la práctica de la vida real, para así familiarizarlo con la aplicación real tanto de la instrumentación del laboratorio, como los módulos que este tiene a disposición de su aprendizaje y de esta forma crear un ambiente de interés por parte del estudiante al mostrar la importancia de comprender esta información para lograr un excelente desempeño a futuro como profesional.

4.1 RETO DE LA PRÁCTICA

Los ejercicios con aplicación de metodología PBL denominados “Reto de la práctica”, consisten en llevar al estudiante a una situación real de lo que será su desempeño laboral a futuro, al aplicar los conocimientos obtenidos en esta área de la electrónica, de tal forma que si cumple con las expectativas del calificador y los objetivos planteados por la guía en cuestión, se le está brindando seguridad al estudiante para llegar a proponer solución a problemáticas reales en el campo de la industria y en conjunto con la aplicación de herramientas; como la estructura mecánica desarrollada también en este proyecto, puede llegar a brindar facilidad para retener esta importante información que permite a un profesional idóneo del área, estar capacitado para un excelente desempeño laboral.

4.2 ESTRUCTURA DEL RETO

El reto consta prácticamente de tres partes fundamentales para llegar a cumplir con el objetivo principal de su solución que es despertar el ingenio del estudiante y usar sus conocimientos adquiridos en la asignatura en una aplicación real:

4.2.1 Proceso industrial

Para lograr introducir al estudiante en un ambiente real de la industria, es necesario explicar un proceso industrial real paso por paso y de manera ilustrada, de tal forma que sea posible identificar los factores que pueden llegar a ser clave para lograr un cambio en el proceso y también un mejor desempeño de este con mayor eficiencia y acatando las necesidades de la problemática planteada.

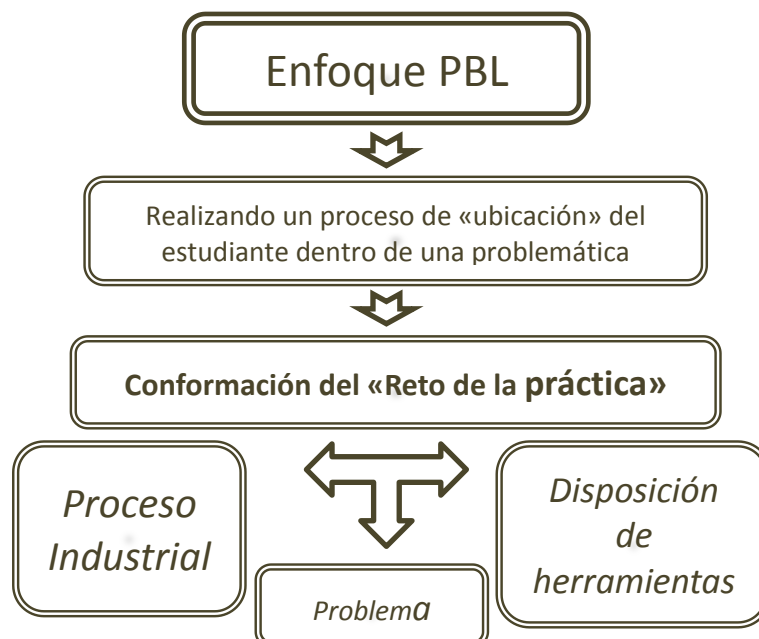
4.2.2 Problema

Plantear una problemática cuya solución pueda darse echando mano de la teoría contenida en el programa según el pensum de la escuela de ingeniería electrónica para esta asignatura, y por supuesto también de las herramientas con que cuenta el laboratorio de automatización de la UPTC, es posible lograr evaluar de forma definitiva y más completa al estudiante de dicha asignatura, dándole; a su vez, otras oportunidades de mostrar sus habilidades como ingeniero y no solo sometiéndolo a métodos tradicionales de evaluación.

4.2.3 Disposición de herramientas

Debido a que las soluciones para problemáticas industriales son tantas; pues se cuenta con un sinnúmero de recursos a disposición de esta área de la electrónica y en la industria, es necesario restringir al estudiante a una serie de herramientas con las que puede contar (las herramientas con que se cuenta en el laboratorio de automatización o similares) para de esta forma incitarlo a usar la teoría explicada dentro de la misma guía en otra de sus partes importantes como lo es su marco teórico o ejemplos de prueba en los que se usa la banda transportadora.

FIGURA 15. Estructura del Enfoque PBL



Fuente: Autores

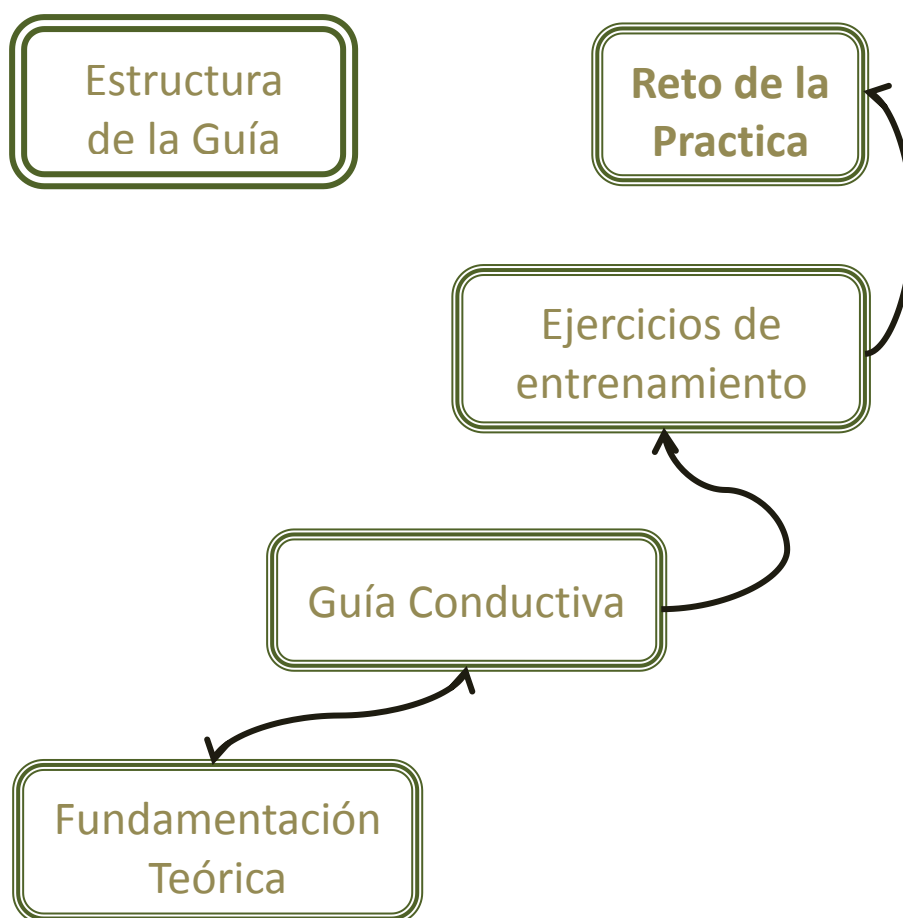
4.3 METODOLOGÍA DE LAS GUÍAS

Es importante resaltar que la metodología de las guías fue desarrollada por los autores de este proyecto de tal manera que su enfoque primordial tratara de evidenciar la intención desde un principio en cada una de las guías, de elaborar una práctica basada netamente en metodología de enseñanza PBL.

La metodología usada para estructurar las guías consta de una serie de inserción del estudiante al conocimiento que debe ser aprendido para lograr aprobar la asignatura de “automatización” además de ofrecer una serie de ventajas en el proceso, tales como la puesta a prueba de su ingenio y despertar el interés por aprender más acerca de lo visto tanto en clase como en la formación teórica que se encuentra dentro de estas guías.

Para lo cual se necesita que conste de una serie de etapas de inserción, las cuales se reflejan unas a otras de manera constructiva y todo apuntando a la un objetivo concreto que es la ejecución y solución de las guías utilizando la metodología PBL de la siguiente forma:

FIGURA 16. Estructura de las Guías de Laboratorio



Fuente: Autores

Como se puede ver en el esquema, en cuanto a la sección de la guía que está compuesta por la “fundamentación teórica” y la “Guía conductiva” existe una retroalimentación de la información pues sin el debido fundamento teórico no se puede dar a conocer un manual del funcionamiento práctico; en cuanto a la interacción hombre máquina, del Módulo de PLC y su conexión con la planta y los sensores que se utilicen según sea el caso.

Luego los ejercicios de entrenamiento son una base necesaria para la solución del “Retro de la práctica” ya que además de poner en práctica lo aprendido en las anteriores secciones, estos ejercicios básicos despiertan la inventiva del estudiante permitiéndole enfrentarse a un ejercicio más asociado a la realidad y más complejo.

Guía 1: Estructura de las guías

Fundamentación teórica



En el proceso de desarrollo de las guías se entrega al estudiante herramientas teóricas las cuales les mostrara el funcionamiento de los ejercicios más adelante propuestos.

Guía conductiva



Las guías conductivas constituyen un método de enseñanza muy utilizado ya que se instruye al estudiante a través de ejercicios que se desarrollan paso a paso en donde él puede observar las maneras de desarrollar los diferentes problemas que se pueden presentar.

Ejercicios de entrenamiento



Los ejercicios de entrenamiento son propuestos con el fin de llevar a los estudiantes a desarrollar un problema específico en donde aplicaran varias de las herramientas ya dadas en los ítems anteriores.

Reto de la práctica



El reto de la guía está basado en el método enseñanza PBL el cual consiste en un proyecto donde el estudiante tendrá que recurrir a otras herramientas para poder encontrar la solución del problema propuesto ya que este ejercicio tiene muchas formas de desarrollarse, pero a la hora de la calificación se tendrá en cuenta el que sea más eficiente y cumpla todas las expectativas del proyecto como tal.

4.3.1 Estructura de las Guías elaboradas con Enfoque PBL

Las guías elaboradas para este proyecto, poseen un objetivo puntual el cual el estudiante debe cumplir siguiendo una serie de pasos que se especifican durante el desarrollo de la guía, por ejemplo para la guía N° 1 del proyecto se tiene el siguiente objetivo en donde es especificado de forma concreta cuales módulos trabajan y que se trabaja en ellos.

Objetivo

“Realizar el arranque directo de un motor trifásico usando el módulo de arranque directo del laboratorio de automatización por medio de PLC EC4P y el modulo comunicación SmartWire.”

Como se especificó anteriormente en la estructura de la guía el siguiente paso es darle al estudiante las herramientas teóricas para el desarrollo de esta.

La fundamentación consta básicamente de la información necesaria para que el estudiante reconozca tanto las características como el funcionamiento de los módulos necesarios para el desarrollo de la guía, además de unos conceptos

básicos importantes que le permiten al estudiante familiarizarse con las herramientas del laboratorio.

La estrategia de este método se puede ver claramente en la guía nº 1 en la sección de fundamentación teórica, donde se especifica las características y funciones del módulo SMARTWIREEASY223, (*ver en anexos/guia1*) seguida de una información en donde se describe la comunicación que puede ser realizada en este módulo y como se hace.

El siguiente paso a seguir en la guía es Procedimiento que consta de varios puntos como comunicación, configuración del PLC, verificación de la comunicación, configuración para la comunicación CANopen y definición de variables, en donde al estudiante se le describe puntualmente como desarrollar un ejercicio y con este, el estudiante pueda desarrollar los proyectos que se plantean en la guía, este procedimiento posee una metodología conductiva donde se describe paso a paso como hacer una comunicación entre el PLC y el computador usando el software Xsoftcodesys.

El siguiente paso en la guía es el ejercicio de entrenamiento, en donde el estudiante aplica las herramientas anteriormente descritas como un manual, para poder desarrollar el ejercicio donde se describe específicamente que es lo que se quiere realizar y con esto él pueda tener una visión más global de cómo solucionar problemas.

EJERCICIO DE ENTRENAMIENTO

“Siguiendo el ejemplo mostrado en esta guía con el arranque del motor, cada grupo (máximo 3 personas) debe proponer una aplicación propia en la que se haga el arranque de un motor en Ladder, en el cual se tenga acceso a cada uno de los conectores del arrancador directo, desde el computador (incluyendo la opción de inversión de giro con que cuenta el easy223-SWIRE), además el programa debe contar con una opción de encendido total del sistema (sin esta opción el programa como tal no debe funcionar) y un botón de parada de emergencia. El botón de encendido total del sistema se debe visualizar en una de las salidas del PLC el cual indicara que el programa está activo.

La presentación del programa en cuanto a la interfaz gráfica se tomara en cuenta para la calificación.”

El reto de la práctica está enfocado en ver que destrezas adquirió el estudiante para solucionar un proyecto; esta sección de las guías posee una estructura que permite tanto el planteamiento de la problemática real, como múltiples soluciones ya que el reto en si posee demasiadas variables y para dar la mejor solución no solo debe tener en cuenta que funcione el proyecto como tal, sino que también debe analizar costos al instrumentar el proyecto y cuál es la alternativa más viable para una empresa.

RETO DE LA PRÁCTICA

Se necesita realizar la explotación, en una reserva de arena para una empresa pequeña que está iniciando, esta empresa cuenta con un número muy reducido de operarios pues es un proyecto prueba en el cual se espera sacar una considerablemente pequeña cantidad de material, en comparación con la competencia. La extracción del material pretende hacerse desde una ubicación de difícil acceso a vehículos de transporte por lo cual el traslado de arena se hace utilizando una banda transportadora; Desde el momento que pasa por la abertura de la tolva donde se está acumulando el material hasta el muelle de carga donde la arena será enviada en volquetas.

Plantear una solución en la cual un solo operario pueda llevar la arena, evitando al máximo el desperdicio de material, además debe poder controlar el flujo vehicular en el muelle.

Por último se plantean unas preguntas para saber cuáles fueron los conocimientos adquiridos durante la guía. Las preguntas están basadas en todo lo desarrollado en la guía.

En conjunto con la elaboración de las guías se fue encontrando solución tanto a los ejercicios de entrenamiento como a su respectivo reto de la práctica, de tal forma que se verificó el correcto funcionamiento tanto de la planta como de su operación usando las herramientas con que cuenta el laboratorio de automatización de la UPTC de esta seccional, como lo son algunos sensores de proximidad tanto analógicos como digitales, sus implementos de configuración y calibración, además de los módulos de arrancador directo, variador de velocidad y de PLC, interactuando estos con el usuario mediante un computador usando lenguaje de programación Ladder.

Los ejercicios planteados en las guías; tanto conductivos como los de entrenamiento, consisten básicamente en colocar obstáculos sobre la banda transportadora y programar una serie de código que al ejecutarse debe cumplir con algunas condiciones planteadas de tal forma que se trabaje con las diferentes alternativas de sensado prestadas por los dispositivos del laboratorio de automatización, tanto sensado de cubos completamente de madera, como cubos con cobertura metálica.

Además también se plantean ejercicios donde la banda debe detener su movimiento en un tiempo determinado después de un último sensado, o bien sea invertir su sentido luego de sensar obstáculos situados a diferentes niveles de altura y dependiendo de su material, con el fin de familiarizar al estudiante con el mayor número de posibilidades que se puedan presentar en un proceso de sensado real en la industria.

Otra forma de comprobar que la estructura de las guías está bien elaborada fue permitiendo el desarrollo de algunas de las mismas a colaboradores ajenos al área de automatización e inclusive de la escuela de Ingeniería Electrónica como tal. Electrónica que ya tenían conocimientos previos acerca de la materia y sus temáticas teóricas asociadas.

5. CONCLUSIONES

Una ventaja de aplicar una metodología de enseñanza PBL en este proyecto; en el programa académico dado a la asignatura de Electrónica Industrial, es brindar una forma diferente de evaluación al estudiante y motivarlo a profundizar los temas vistos, desarrollando competencias en el área de la industria, en cuanto al ejercicio como profesional competente.

Debido a que el estudiante debe consultar aspectos teóricos de la asignatura que no se profundizan en el programa académico de la misma, el método PBL sirve como profundización del área, puesto que para lograr la solución de las guías basadas en este método, el estudiante se ve envuelto en temáticas que lo obligan a llevar a cabo un análisis e investigación más profunda de la teoría vista en clase.

La versatilidad del PLC puede verificarse al comprobar que existen diferentes soluciones a los ejercicios planteados en las guías.

La entrada analógica del PLC del laboratorio puede calibrarse y configurarse para diferentes tipos de magnitud física, sin embargo es conveniente trabajar con las etiquetas previamente dadas en los dispositivos de entrada analógica para PLCs ya que toma un gasto de tiempo considerable calibrar estas entradas, además de indisponer a los demás usuarios que posiblemente no cuenten con el software de instalación de la llave XU, lo cual termina volviéndose un proceso tedioso que implica tiempo invertido en asuntos ajenos al desarrollo de las actividades asociadas al programa académico.

Es importante reconocer el tipo de salida que entregan los diferentes sensores de proximidad del laboratorio de automatización de la UPTC, puesto que estos influyen directamente en la lógica de programación y por tanto la forma en la que se puede desarrollar una solución a las problemáticas planteadas en las guías.

Muchas veces se presentan errores en cuanto al envío de información desde el computador al actuador, por tanto es importante verificar con frecuencia si existe conexión entre el PLC y otro modulo, al igual que entre el PC y el PLC, para así descartar posibles errores de conexión entre el actuador y el modulo que lo energiza, o posiblemente mala configuración del panel del variador de velocidad.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Es importante destacar que este tipo de proyectos se presta para un sinnúmero de temas también que pueden desarrollarse como monografías al poder complementar la idea principal que es lograr una forma didáctica para enseñar los temas concernientes a la asignatura de automatización, bien sea desarrollando más prácticas de mayor dificultad o con nuevas temáticas dentro de las guías de laboratorio, o también generando la posibilidad de hacer aún más compleja la planta y por tanto la simulación de distintos tipos de procesos industriales reales al añadir una serie variada de “máquinas de estado”.

Dentro del desarrollo de las guías se generan una serie de ejercicios y procesos relacionados con una parte de las herramientas que brinda el módulo variador de velocidad del laboratorio; sin embargo este posee muchas más ventajas en cuanto al uso en la industria. Una de ellas es la elaboración de controladores PID insertando básicamente las variables Proporcional, Integral y Derivada del comportamiento dado en un proceso cualquiera a desarrollar por supuesto contando; bien sea, con la banda transportadora elaborada en este proyecto o una de las otras herramientas con que cuenta el laboratorio de automatización de la UPTC seccional Sogamoso.

En cuanto a la elaboración de máquinas de estado para lograr una mayor complejidad en la planta realizada, se tienen varias opciones puesto que en la industria se presentan innumerables procesos tanto de guía como separación y usualmente la ejecución de una actividad repetitiva como puede ser el cortar, embotellar, tapar, pintar, envolver, etc. De esta forma se puede pensar en elaborar máquinas de estado que se apoyen en el uso de una banda transportadora para lo cual se tiene una gran variedad de posibilidades tales como una puerta mecánica ON/OFF o corriente, brazos mecánicos separadores o que cumplan otra función determinada.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bolton, W. (2006). Internal relays. In: W. Bolton, ed., Programmable Logic Controllers, 4th ed. (pp.132-146). Oxford: Elsevier Newnes
- [2] Casignia Byron, Gavilánez Javier.(13-mar-2012).*Diseño, Implementación de un Módulo Didáctico para la Simulación de Procesos Industriales en una Banda Transportadora por medio de PLC.*(Tesis de grado).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- [3] Donzellini, G. Ponta, D. Garcia, J. Del Moral, A. (Septiembre de 2011). *PBL EN ELECTRÓNICA DIGITAL: UN EJEMPLO.* (Departamento de Ingeniería Biofísica y Electrónica). Obtenido el 12 Jun de 2015 en <http://taee2008.unizar.es/papers/p85.pdf>
- [4] Eaton. (Informe técnico: IT-EE 05(07/11)). Arrancadores de Motor. Obtenido el 18 de Septiembre de 2014 en http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/5/Arrancadores_de_motor.pdf
- [5] Eaton Industries. (2011). Arranque y Control de Motores Trifásicos Asíncronos. Obtenido el 12 de Octubre de 2014 en <http://www.moeller.es/descarga.php?file=soporte/12/IT-EE09.pdf>.
- [6] Jones, C. (1996). Programmable logic controllers. Atlanta: Patrick-Turner Pub.
- [7] Lladonosa, V. (1996). Circuitos Básicos de Controles de Nivel. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- [8] Lluís, M. (Noviembre. 2012). Integración internacional de plataformas de enseñanza a distancia de automatización con PLCs. IEEE-RITA, 1,1. Obtenido el 1 de Octubre de 2015 en <http://rita.det.uvigo.es/200611/uploads/IEEE-RITA.2006.V1.N1.A1.pdf>)
- [9] López, J. López, F. Bernal, C. (2010). *Aprendizaje Basado EN Proyectos Interdisciplinarios Ingeniería Electrónica / Diseño Industrial.* (proyecto de aplicación del método PBL). Obtenido el 22 de Agosto de 2014 en <http://taee.euitt.upm.es/actas/2010/papers/2010S12A02.pdf>
- [10] Mesa José, Álvarez José., Villanueva Joaquín , Cos Francisco,(2008) Actualización de Métodos de Enseñanza-Aprendizaje en Asignaturas de Dirección de Proyectos de Ingeniería. Obtenido el 13 Septiembre de 2015 en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850062008000400004&script=sci_arttext
- [11] Musalem, M. (Jueves, 6 de diciembre de 2012). Programación en Escalera en Ladder. Obtenido el 05 Agosto de 2015 en <http://aprecil.blogspot.com.co/2012/12/pdfprogramacion-en-plc-ladder.html>
- [12] Nourdine, A.(2011). Una Experiencia De Aprendizaje Basado En proyecto en una asignatura de Robótica. (Universidad Europea de Madrid). Obtenido el 25 de Marzo de 2015 en <http://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/3426/EDAP32.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [13] Obermeier, M. Schutz, D. Vogel. H, Systems B., (2012). *International Conference on Digital Object Identifier* (pp.1552- 1557). Atlanta: Elsevier Newnes.
- [14] Pallas, R. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona: Marcombo.
- [15] Pallas, R. (1998). *Sensores y acondicionadores de señal* 4th ed. España: Marcombo Boixareu.
- [16] Perales, M. Barrero, F. (Nov. 2012). Experiencia PBL en una Asignatura Básica de Electrónica. (Artículo de la IEEE-RITAVol.7,Núm.4) Obtenido el 11 de Septiembre de 2015 en http://www.researchgate.net/profile/Federico_Barrero/publication/267793126_Experiencia_PBL_en_una_asignatura_bsica_de_electrnica/links/545a81210cf2c46f664381d9.pdf
- [17] Prim, M. Oliver, J. Aragonés, R. (). *Sistemas Digitales Complejos y su Aprendizaje Basado en una Metodología PBL-MIXTA*. (Escola: Técnica Superior Universidad Autónoma de Barcelona). Obtenido el 24 de Septiembre de <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/taee:congreso-2006-1002/S1A02.pdf>
- [18] Rojas Danilo, Laura Arenas, Fernández Ernesto.(2011-01). *Banda Transportadora*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma Del Caribe.
- [19] Silva, J. Silva, D. Marques A, Vieira, L. (2005). *Aprendizagem Baseada em Projeto (Project-Based Learning – PBL) aplicada a software embarcado e de tempo real*. (Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA). Obtenido el 10 de Octubre de 2015 en [http://www.researchgate.net/profile/Adilson_Cunha/publication/242713390_Aprendizagem_Baseada_em_Projeto_\(Project-Based_Learning_-_PBL\)_aplicada_a_software_embarcado_e_de_tempo_real/links/5427326d0cf2e4ce940a2dfb.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Adilson_Cunha/publication/242713390_Aprendizagem_Baseada_em_Projeto_(Project-Based_Learning_-_PBL)_aplicada_a_software_embarcado_e_de_tempo_real/links/5427326d0cf2e4ce940a2dfb.pdf)
- [20] WEG. (Marzo de 2012). *Manual de especificaciones del CFW-11* . Obtenido el 20 Agosto de 2014 en <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw11-manual-de-programacion-0899.5842-3.1x-manual-espanol.pdf>

ANEXOS

PRACTICA N°1 ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFÁSICO USANDO PLC EC4P

Objetivo

Realizar el arranque directo de un motor trifásico usando el módulo de arranque directo del laboratorio de automatización por medio de PLC EC4P y el modulo comunicación SmartWire.

Materiales

- Software CODESYS®
- Cable utp para comunicación CANOPEN
- Computador
- Motor trifásico
- Módulo de Arranque directo con comunicación EASY223-SWIRE
- Módulo PLC Moeller EC4P

1. Fundamentación Teórica

El módulo de arranque directo del que dispone la UPTC se puede emplear para realizar el arranque directo de 4 motores trifásicos; uno de los arranques directos dispone de un sistema de inversión de giro. El modulo se puede emplear en modo remoto o modo local, cuando el modulo se configura en modo remoto, el sistema de arranque se puede direccionar con un Gateway que está configurado en el puerto3, la dirección del gateway es configurable hasta8, para realizar la comunicación del PLC y el gateway es indispensable cargar las librerías de comunicación en el programa Xsoft-Codesys.

El Módulo de comunicación EASY223-SWIRE desarrollado para tareas de automatización en las que los datos de proceso y del sistema se intercambian, es usado en múltiples aplicaciones industriales empleando los protocolos CANOPEN. Para ello, el gateway EASY223-SWIRE conecta las redes de Interconexión CAN con el sistema SmartWire.

1.1 ACERCA DEL GATEWAY SMARTWIREEASY223-SWIRE

1.1.1 (CAN-Device)

Mediante la comunicación can se puede enviar la información necesaria desde el módulo PLC con el que cuenta el laboratorio de automatización, al arrancador directo EASY-SmartWire y de esta manera lograr evitar un tedioso cableado usando una sencilla comunicación vía CAN open.

Para lograr esta comunicación es importante conocer los valores de las etiquetas específicas destinadas para cada una de los dispositivos con los que cuenta el PLC, bien sean entradas o salidas digitales, switches, el uso de los Leds para identificar estados, entre otros, además de las que permitirán el reconocimiento de las secciones del moduloEASY-SmartWire. Dichas etiquetas se manejaran con un único propósito dentro de la declaración de las variables globales a usar, según la aplicación la aplicación específica a desarrollar.

El módulo PLC EC4P-200 del laboratorio de automatización es utilizado como función de mando pues soporta el protocolo CANOPEN. Debe saberse usar también la red de interconexión CAN (comunicación entre el gateway del módulo EASY-SmartWire, con el bus de CAN del módulo PLC) y el software de programación XSoft-CoDeSys con sus respectivos drivers para lograr la configuración de la comunicación entre los módulos.

1.1.2 Bus CAN y CANOPEN

El bus de campo CAN sólo define las capas físicas y de enlace por lo que es necesario definir cómo se asignan y utilizan los identificadores y datos de los mensajes CAN. Para ello se definió

El protocolo CANOPEN, que está basado en CAN, e implementa la capa de aplicación. Actualmente está ampliamente extendido, y ha sido adoptado como un estándar internacional. La construcción de sistemas basados en CAN que garanticen la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes requiere una capa de aplicación y unos perfiles que estandaricen la comunicación en el sistema, la funcionalidad de los dispositivos y la administración del sistema [1]:

- Capa de aplicación (applicationlayer). Proporciona un conjunto de servicios y

Protocolos para los dispositivos de la red.

- Perfil de comunicación (communicationprofile). Define cómo configurar los

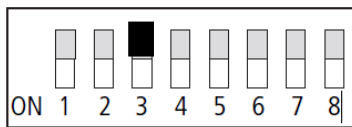
Dispositivos y los datos, y la forma de intercambiarlos entre ellos.

- Perfiles de dispositivos (deviceprofiles). Añade funcionalidad específica a los

Dispositivos.

1.1.3 Gateway Del EASY223-SWIRE

Para la Instalación en la red CANOPEN, el gateway EASY223-SWIRE se encuentra configurado de fábrica por conmutador DIP para el servicio, aunque también puede ser configurado manualmente como lo está el Gateway del módulo de arranque directo de motores trifásicos del laboratorio de automatización. La configuración de la dirección de participante (NET-ID) no debe realizarse en el gateway pues ya está configurada de forma física, sino con el XSoft-CoDeSys como se explicara más adelante en el ejemplo propuesto.



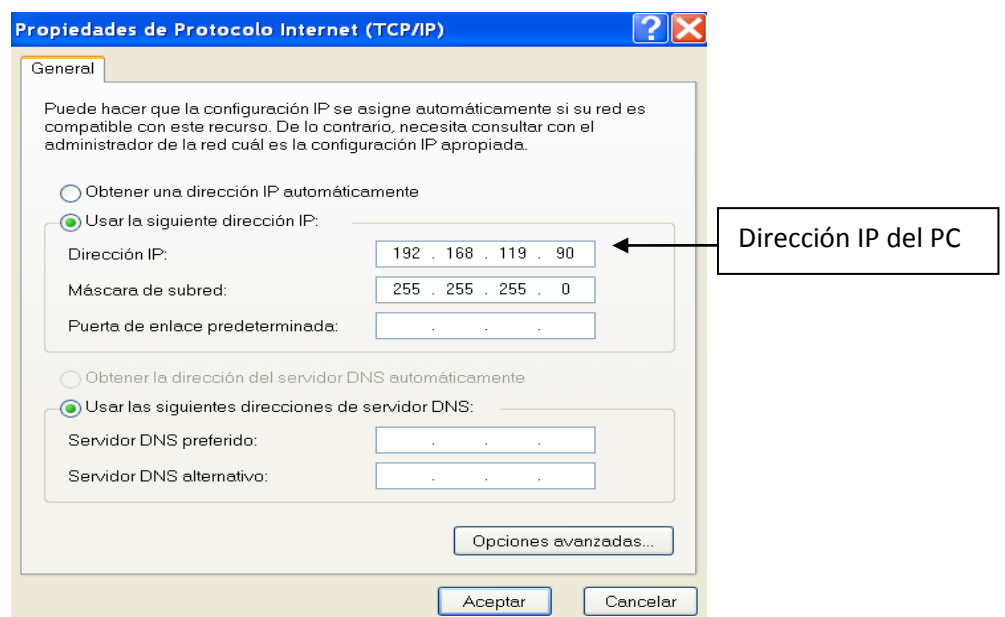
Configuración de la dirección del Gateway del arrancador directo [1].

2. PROCEDIMIENTO

2.1 Comunicación.

Para establecer la comunicación entre el PC y el PLC es necesario establecer la dirección IP para poder programar el PLC mediante la computadora, Configure la IP de su PC (192.168.119.90) de la siguiente manera:

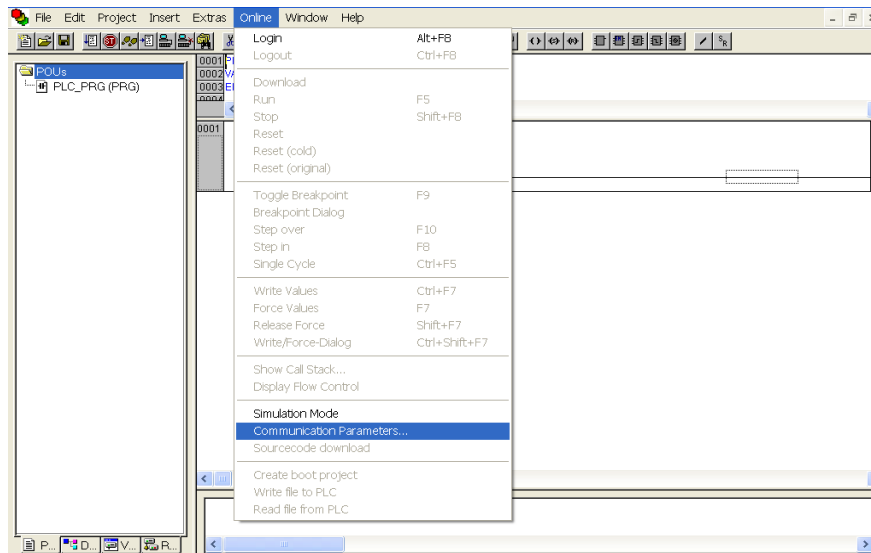
Figura 1.



2.2 Configuración del PLC.

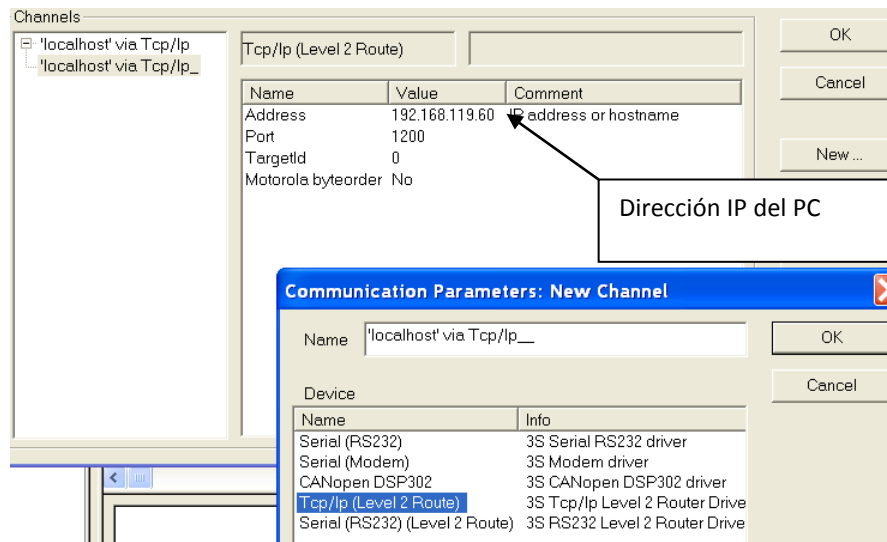
Ya que es necesario establecer una comunicación entre el PLC y el computador, es necesario configurar la IP del PLC de tal forma que queden en la misma red, usando la dirección IP (192.168.119.60). En el XSoft-CoDESYS, dirijase al icono en la ventana (online) y en la parte inferior (communication parameters), como se muestra a continuación:

Figura 2.



En la ventana de dialogo emergente, en la opción **new**, seleccionar TPC\IP

Figura 3.



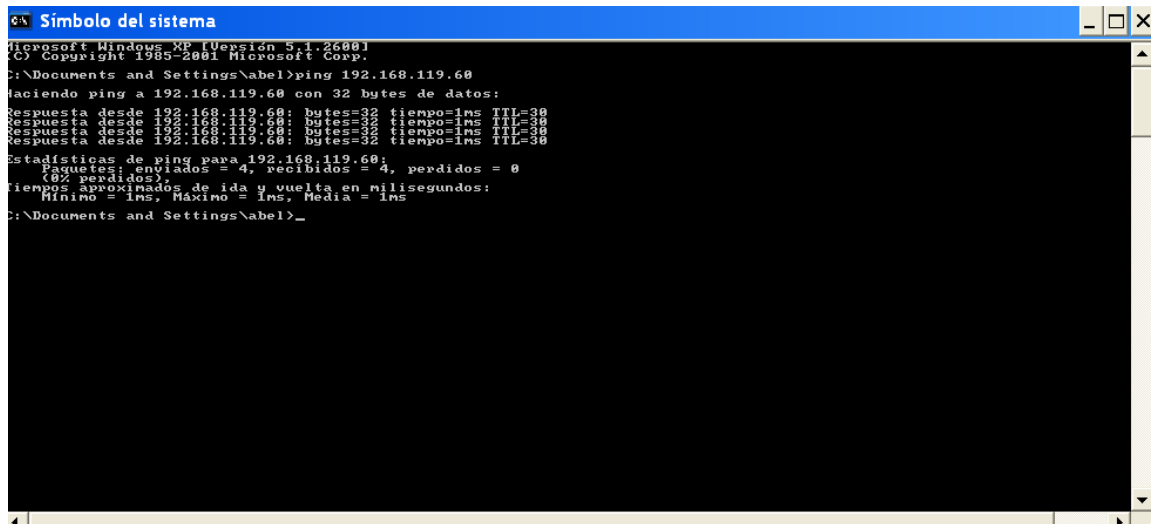
2.3 Verificación de comunicación.

Una forma fácil de verificar que la comunicación realizada entre el computador y el PLC está funcionando, es dando ping para saber si el Host (en este caso el computador) tiene el mismo protocolo de comunicación dentro de la misma

dirección IP y así poder realizar un envío y recepción de datos con un servidor (en este caso el PLC).

Para dar ping, ingresamos al símbolo del sistema desde INICIO/EJECUTAR; digitar “cd” y aceptar.

Figura 4.



```
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\abel>ping 192.168.119.60
haciendo ping a 192.168.119.60 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.119.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.119.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.119.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.119.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.119.60:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\Documents and Settings\abel>_
```

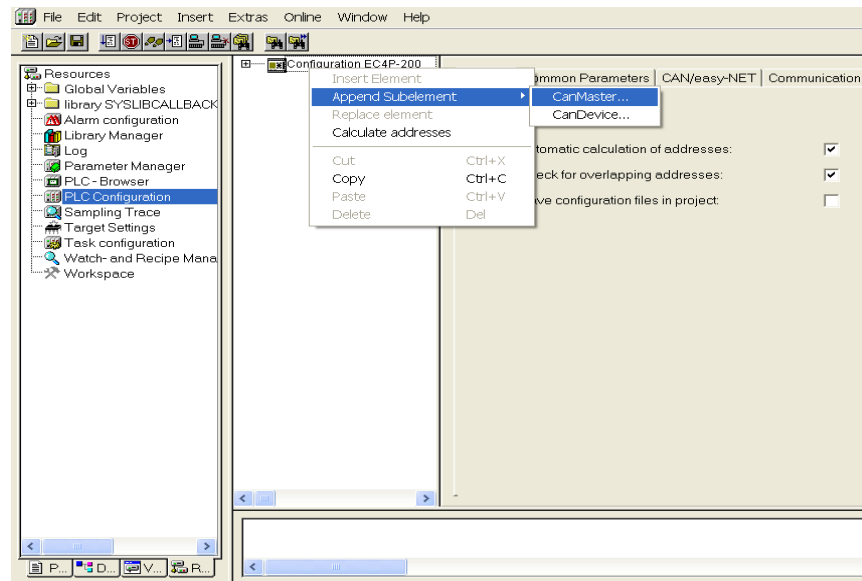
En la ventana de símbolo del sistema colocamos “ping 192.168.119.60” que es la dirección del PLC, luego si la conexión está bien, se mostraran cuatro datos enviados y cuatro recibidos, sin perderse dato alguno en la comunicación.

2.4 Configuración para la comunicación CANOPEN

El canmaster permite que el programa identifique el modulo con el que se va a trabajar en este caso el easy223-SMARTWIRE y así lograr trabajar con las diferentes entradas o salidas que posee dicho modulo, independientemente del uso que se les desee dar, además con el canmaster se asigna un nodo específico para cada módulo que se desee añadir y trabajar, simultáneamente, donde a cada nodo le permitirá trabajar dentro de un rango específico de etiquetas asignadas a las variables globales; usando directamente cada módulo establecido en una misma red, dependiendo de la etiqueta o nombre definido para una variable global específica.

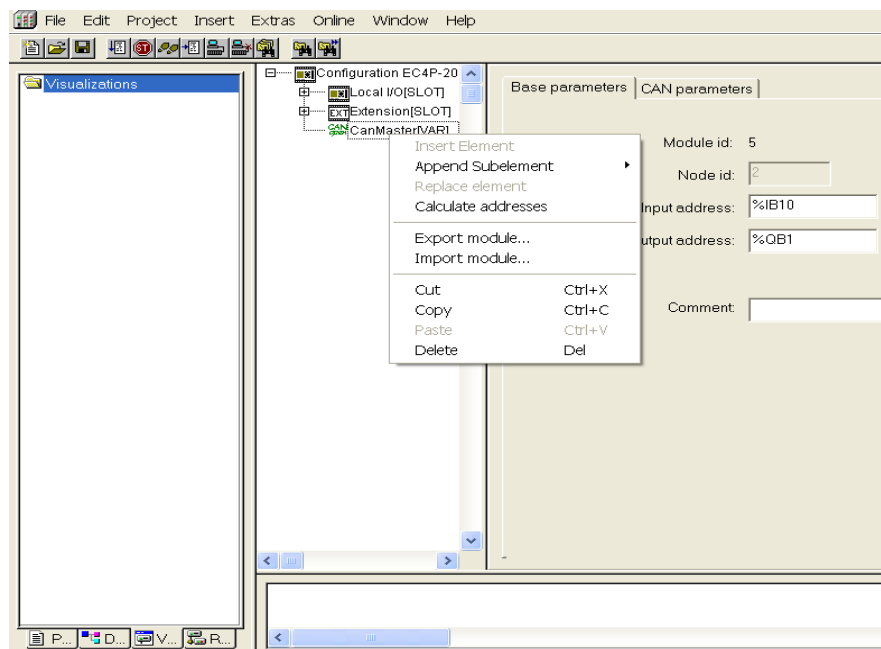
En el icono resources/ PLCconfiguration; dar click en “cofiguration ECP4P-200” y en la opción appendsubelement/canmaster; para poder configurar las entradas y salidas de la comunicación CAN.

Figura 5.



2.5 Como para este ejercicio solo se va trabajar con el arrancador directo del laboratorio de automatización es necesario asignarlo en el canmaster; Dar click derecho en canmaster/appendedsubelement y se selecciona easy223-smartwire.

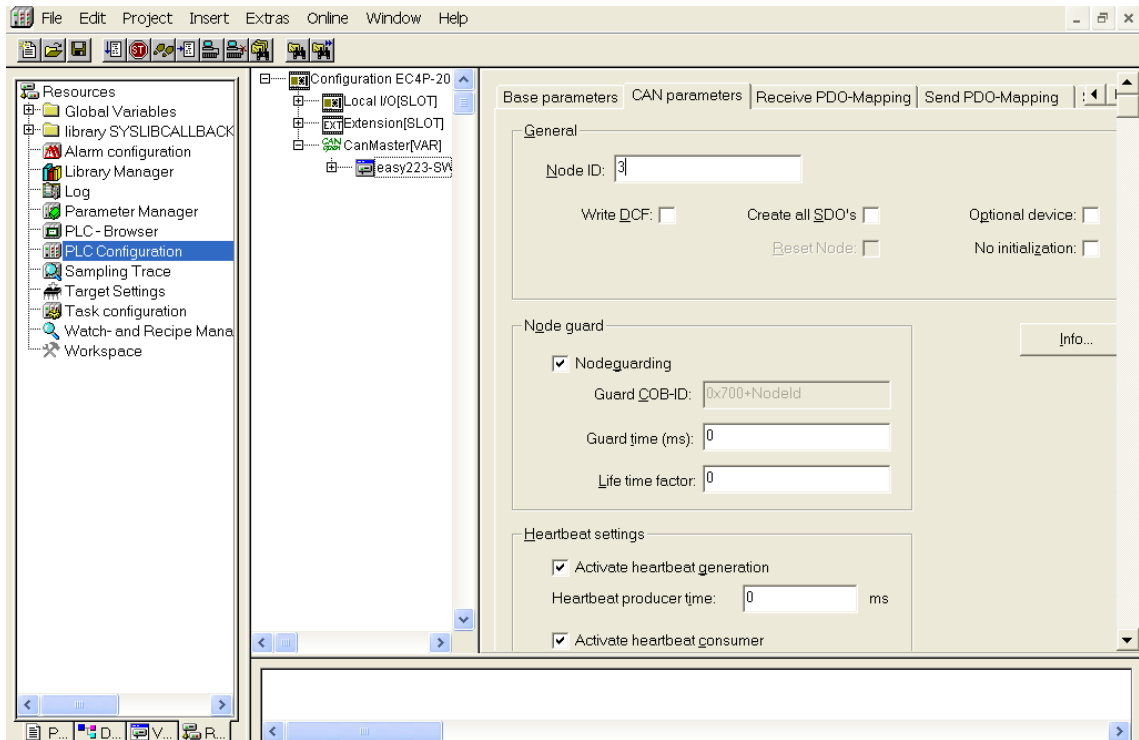
Figura 6.



El gateway del módulo easy223-smartwire del laboratorio de automatización está configurado manualmente con la identificación del nodo 3, por tanto esta dirección es necesaria para que el PLC reconozca el módulo a trabajar. La

dirección de dicho gateway se asigna así: En la opción resources /easy223-SWIRE/CAN parameters/Node ID, se coloca un “3”.

Figura 7.



3. Definición de variables

Teniendo en cuenta que la comunicación se realiza a través de un cable UTP vía Can Open, es necesario trabajar los valores de las variables globales tipo BYTE, por tanto las entradas y salidas se definirán de la siguiente manera. En el icono resources/variables globales, definir las entradas y salidas de la comunicación CANOPEN para el arrancador directo, introduciendo el siguiente código (tener en cuenta el número de variables a utilizar):

VAR_GLOBAL

ENTRADAS SMART

IB1 AT%IB10:BYTE; (IB1.0=STATUS CONTACTOR Y IB1.1=FALLA
GUARDAMOTOR)

IB2 AT%IB11:BYTE;

IB3 AT%IB12:BYTE;

IB4 AT%IB13:BYTE;

IB5 AT%IB14:BYTE;

SALIDAS SMART

QB1 AT%QB1:BYTE; (QB1.0= AD1 Y QB1.4=AD2)

QB2 AT%QB2:BYTE;

QB3 AT%QB3:BYTE;

END_VAR

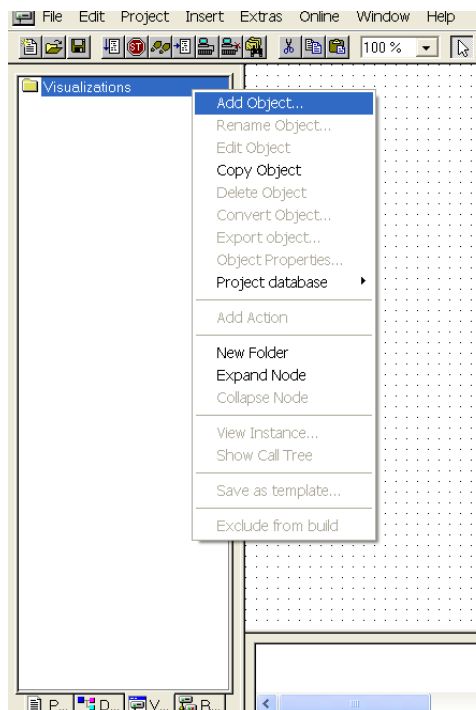
Las variables de entrada tienen un peso en byte que se definen con .0 hasta .7 para indicar el estado del contacto se define con .0 con un peso en byte de 1 y también se utiliza el .4 para definir el estado del contactor peso en byte 16

Para definir las variables de salida en el ladder se debe especificar muy bien las etiquetas, dependiendo de cómo están descritas en el programa las variables de salida para la comunicación CANOPEN están definidas con QB1.0 y QB1.4..... hasta QB3.4

4. Arranque del motor con interfaz en ladder.

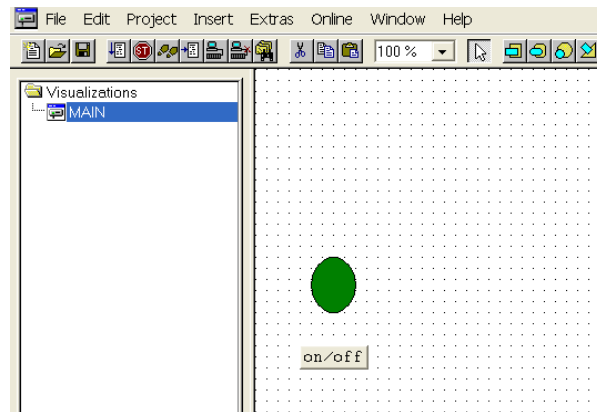
4.1 En la opción visualizations, con click derecho agregar un nuevo archivo y nombrarlo (ej:MAIN)

Figura 8.



Realizar una interfaz que conste de un botón para encendido y apagado del motor, además de un indicador que muestre sus dos estados para lograr diferenciarlos.

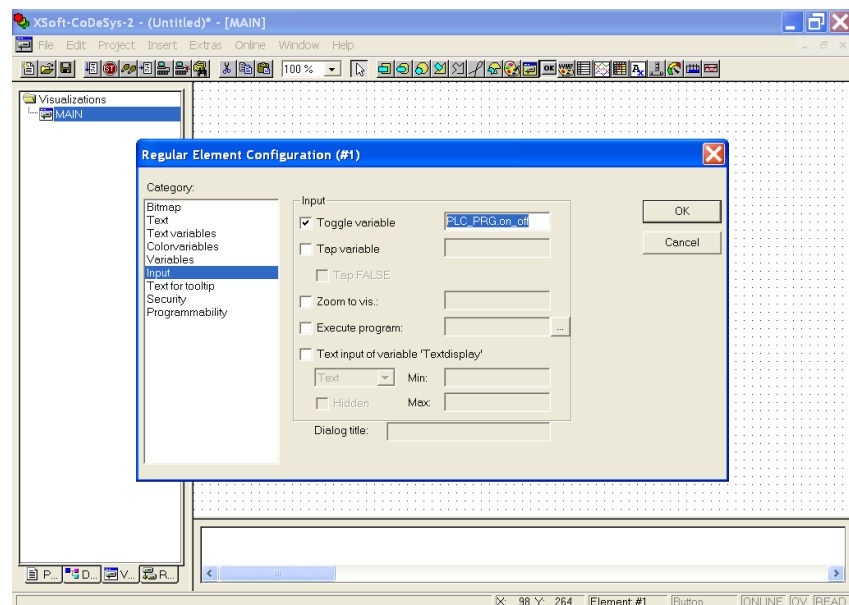
Figura 9.



4.2 Usar un círculo y en la opción variables/changecolors, nombrar la variable con la cual se indicaran los estados del motor (.QB1.0) diferenciándolos mediante colores.

4.3 En el botón con el cual se va a encender o apagar el motor desde el computador, en la opción “input”, seleccionar “toggle variable”, definir la etiqueta del botón con la variable tipo BOOL (PLC_PRG.ON_OFF).

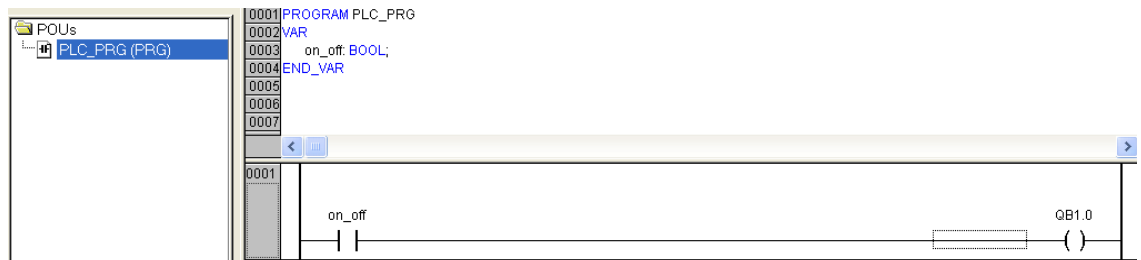
Figura 10.



5. PROGRAMA EN LADDER.

5.1 En la opción POU's generar la siguiente línea:

Figura 11.



Es importante que los nombres de las variables usadas en la interfaz y el programa coincidan para que este las reconozca.

5.2 Ejecutar el programa dirigiéndose a la opción online/login/run. Verificar que la opción “simulación” **no** este activa.

6. EJERCICIO DE ENTRENAMIENTO

Siguiendo el ejemplo mostrado en esta guía con el arranque del motor, cada grupo (máximo 3 personas) debe proponer una aplicación propia en la que se haga el arranque de un motor en ladder, en el cual se tenga acceso a cada uno de los conectores del arrancador directo, desde el computador (incluyendo la opción de inversión de giro con que cuenta el easy223-SWIRE), además el programa debe contar con una opción de encendido total del sistema (sin esta opción el programa como tal no debe funcionar) y un botón de parada de emergencia. El botón de encendido total del sistema se debe visualizar en una de las salidas del PLC el cual indicara que el programa está .activo.

La presentación del programa en cuanto a la interfaz gráfica se tomara en cuenta para la calificación.

7. RETO DE LA PRÁCTICA

Se necesita realizar la explotación, en una reserva de arena para una empresa pequeña que está iniciando, esta empresa cuenta con un número muy reducido de operarios pues es un proyecto prueba en el cual se espera sacar una considerablemente pequeña cantidad de material, en comparación con la competencia.



La extracción del material pretende hacerse desde una ubicación de difícil acceso a vehículos de transporte por lo cual el traslado de arena se hace utilizando una banda transportadora;



Desde el momento que pasa por la abertura de la tolva donde se está acumulando el material...



Hasta el muelle de carga donde la arena será enviada en volquetas.

Plantear una solución en la cual un solo operario pueda llevar la arena, evitando al máximo el desperdicio de material, además debe poder controlar el flujo vehicular en el muelle.

PREGUNTAS

- ¿Qué es la comunicación CANOPEN?
- ¿Qué función cumplen el “.0 y .4” de las salidas del PLC para la comunicación con el easy223-swire?
- ¿Cuál es la función del can máster?
- ¿Porque es necesario establecer las variables tipo byte para lograr esta comunicación?
- ¿En caso de usar otro modulo que no sea el easy223-SWIRE, que cambios se deben tener en cuenta en la configuración del programa?

REFERENCIAS

- [1] **Manual Easy223-swire**
ftp://ftp.moeller.net/DOCUMENTATION/AWB_MANUALS/h1589es.pdf

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN EL AREA DE ELECTRONICA INDUSTRIAL PRÁCTICA N° 2**

**PRACTICA N°2 MANEJO DE SENSORES ON/OFF Y
PHOTOELECTRICOSUSANDO PLCEC4P Y ARRANCADOR DIRECTO
SMARTWIRE-223**

Objetivo

Para la siguiente practica se implementaran los sensores ON/OFF y PHOTOELECTRICOS con que cuenta el laboratorio de automatización industrial de la UPTC, usando la banda transportadora como herramienta didáctica para que el estudiante desarrolle ejercicios propuestos y adquiera habilidades en cuanto al uso y funcionamiento de dichos sensores.

Materiales

- Software xsoft-codesys
- Cable utp para comunicación Ethernet
- Computador
- Motor trifásico
- Módulo de Arranque directo con comunicación EASY223-SWIRE
- Módulo PLC Moeller EC4P

- Sensores ON/OFF y PHOTOELECTRICOS

1. Fundamentación Teórica.

1.1 Entradas y salidas del PLC.

El PLC ECP4-200 con que cuenta el laboratorio de automatización industrial de la UPTC Seccional Sogamoso posee una serie de entradas y salidas digitales que son una herramienta muy útil para el desarrollo de aplicaciones industriales; para este caso, como alimentación y reconocimiento de datos como respuesta en la medición para lograr identificar esta información y así desarrollar dichas aplicaciones. Estas entradas cuentan con tres borneras, donde dos se usan como alimentación del sensor y el restante que permite identificar el estado en el que se encuentra.

1.1.1 Señal de entrada:

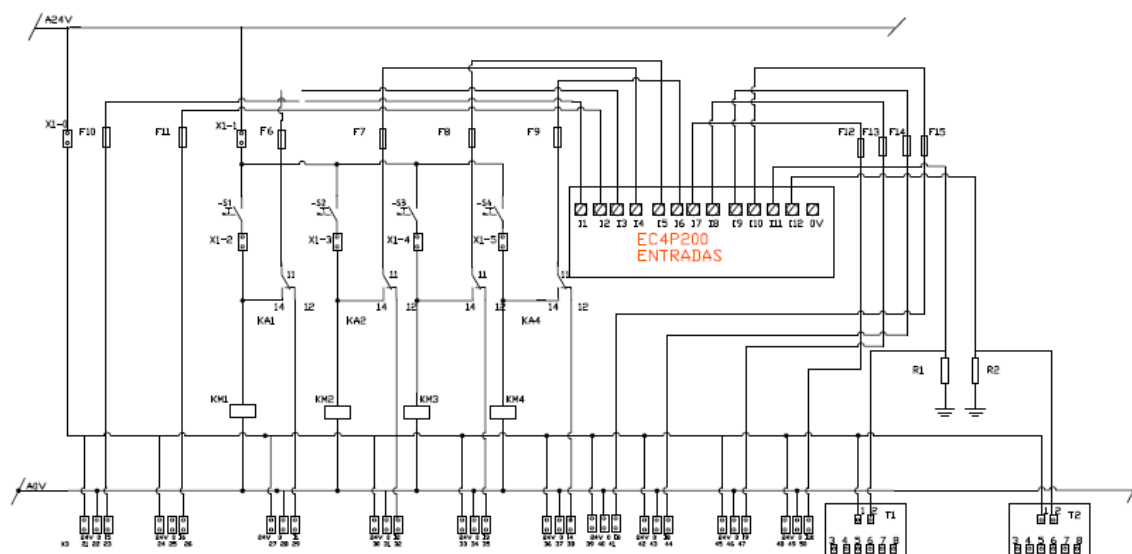
El PLC lee el estado de ON/OFF (activado / desactivado) de cada entrada y almacena el estado en la memoria antes de evaluar el programa de usuario. Una vez que el estado de la entrada externa es almacenado en la memoria interna, cualquier cambio hecho a las entradas externas no se actualizará hasta el inicio del próximo ciclo de exploración.

1.1.2 Programa:

El PLC ejecuta instrucciones en el programa de usuario de arriba a abajo y de izquierda a derecha y luego almacena los datos evaluados en la memoria interna. Parte de esta memoria está enclavada.

1.1.3 Salida: Cuando se llega al comando FIN la evaluación del programa está completa. La memoria de salida se transfiere a las salidas físicas externas.

Figura 1. Circuito de control de entrada ECP4200 [1]



1.2 Sensores.

En la industria es muy común encontrar procesos automáticos, los cuales dependen directamente del uso de sensores siendo estos una herramienta esencial en la detección de variables que influyen puntualmente en un proceso industrial, tales como tamaño, color, tipo de material entre otros. Estas características físicas son interpretadas como una señal la cual puede ser manipulada fácilmente por un PLC y de esta forma lograr un proceso automático controlado.

1.2.1 Sensor inductivo

Un sensor inductivo está compuesto por una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original [2].

1.2.2 Sensor capacitivo

Existen muchas aplicaciones que requieren el sensor a distancia materiales no metálicos y, para ello se emplea este tipo de sensor que usa el efecto capacitivo a tierra de los objetos a sensor.

El elemento funcional primario del sensor capacitivo de proximidad es un oscilador de alta frecuencia con un electrodo flotante en el circuito de base de un transistor. En el estado de inactividad hay un campo ruidoso en la región de base, que representa el área activa del sensor de proximidad. Cuando un

objeto aparece dentro del área activa, empiezan las oscilaciones. La etapa de conmutación rectifica las oscilaciones de alta frecuencia y la señal continua resultante se aplica a la etapa de salida. La etapa de conmutación incluye un sistema de señal de retroalimentación, el nivel del cual puede ajustarse en algunos modelos, a través de un potenciómetro; esto capacita el sensor de proximidad de variar su sensibilidad de respuesta [2].

1.2.3 Sensor fotoeléctrico

Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, etc., ya que reemplazan una palanca mecánica por un rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20mm hasta de varias centenas de metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados.

Algunos modelos de estos sensores son fabricados con inmunidad a la luz solar incidente o reflejada. Para ello emplean haces de luz modulada que únicamente pueden ser detectados por receptores sintonizados a la frecuencia de modulación [2].

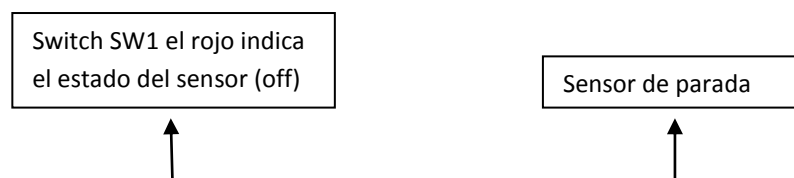
2. PROCEDIMIENTO

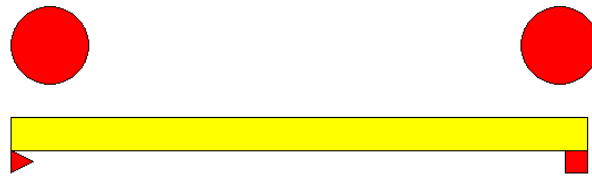
Usar un sensor de proximidad que detecte cubos de madera, conectarlo a una entrada digital del PLC; el cual será usado para detener la banda.

Para este ejercicio la banda será encendida mediante un switch del PLC. Es importante tener en cuenta que la entrada seleccionada para conectar el sensor no puede ser la misma de la correspondiente a uno de los switch en el tablero del PLC.

Realizar una interfaz en el Xsoft-codesys en donde se vea claramente el estado lógico tanto del SWITCH del PLC como del sensor usado tal y como se muestra en la Figura 2.:

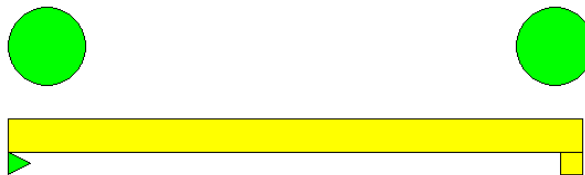
Figura 2.





En la interface se debe mostrar cuando el sensor este en ON tal como se muestra en la FIGURA3:

Figura 3.



La línea de código mostrada en la FIGURA 4 cuenta con dos contactores los cuales están etiquetados con las entradas del PLC donde se conecta el sensor que detiene la banda. (La dirección del sw1 es distinta a la de la entrada seleccionada para poder enviar los estados correctamente de tal forma que el PLC reconozca cada componente usado en el ejercicio, de forma independiente).



Figura 4.

3. EJERCICIOS DE ENTRENAMIENTO

Con las herramientas explicadas, desarrollar los siguientes ejercicios propuestos.

- a) La banda debe encenderse con un botón en una interfaz desarrollada en el Xsoftcodesys, detener la banda al censar un cubo en la mitad de su trayecto durante 4s para luego detener la banda cuando el cubo de madera llegue al final de la misma. (este ejercicio debe realizarse con dos sensores ON/OFF)
- b) La banda es iniciada únicamente con un switch del PLC, teniendo en cuenta dos niveles, al censar los cubos en la mitad del trayecto, dependiendo del nivel censado la banda realizara las siguientes opciones:
 - si censa un nivel; continuar en el mismo sentido hasta censar el cubo al final de la banda para ser detenida y visualizar su censado en el PLC.
 - si censa dos niveles; la banda continúa en sentido contrario durante 3s, y visualizar su censado en el PLC.

Not_ El censado a la mitad debe realizarse con dos sensores ON/OFF y al final con uno fotoeléctrico, su visualización será independiente.

- c) Desarrollar un programa en ladder que visualice en los leds del PLC, 4 cubos de madera colocados en la banda y suspender el movimiento de la misma una vez censado el último cubo, evitando que este llegue al final de la banda. (el censado debe realizarse con el MD17/MV17/73/136).
- d) Censando en dos puntos distintos de la banda (distancia mínima 60cm), realizar una oscilación de tres ciclos, de tal forma que un cubo haga tres recorridos de sensor a sensor para luego detener la banda. Not_ la banda debe encender al momento de detección del cubo de madera (usar sensores a libre elección por el grupo).

4. RETO DE PRÁCTICA

Teniendo en cuenta las quejas de algunos usuarios por el maltrato a sus equipajes, en un aeropuerto se desea implementar un sistema que permita la separación y almacenamiento de equipajes según su tamaño, para de esta forma lograr que la fragilidad de equipajes pequeños se vea afectada por la robustez y peso de los equipajes medianos y grandes si fueran tratados todos por igual como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 5.



También se requiere (por seguridad) contar un sistema de detección de metales, al ingreso de los pasajeros, se desea instrumentar y automatizar el proceso. Tener en cuenta que los contenedores de equipaje poseen una capacidad limitada.

PREGUNTAS

- ¿Porque es importante tener en cuenta los estados lógicos de las salidas de los sensores?
- ¿Con cuantas salidas y entradas digitales cuenta el PLC?
- ¿Cuál de los sensores utilizados en el desarrollo de esta guía le pareció el más adecuado y por qué?

REFERENCIAS

[1] Instrumentación y control industrial Sogamoso, Colombia
info@automatizacionbp.com.co

[2] página de consulta gratuita "<http://www.profesormolina.com.ar>" de tipo educativo en el ámbito tecnológico.

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/sensores.htm

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN EL AREA DE ELECTRONICA INDUSTRIAL**

**PRACTICA N°3 VARICAION DE VELOCIDAD E INVERSION DE GIRO DE UN
MOTOR TRIFASICO USANDO EL VARIADOR DE VELOCIDAD (CFW11)
DESDE EL PC POR MEDIO DEL MODULO PLC EC4P**

OBJETIVO

Establecer la comunicación entre el módulo PLC y el variador de velocidad cfw11 para el arranque, variación de velocidad e inversión de giro de un motor trifásico.

Materiales

- Software CODESYS®
- Cable utp para comunicación CANOPEN
- Computador
- Motor trifásico
- Variador de velocidad (cw11)
- Módulo PLCMoeller EC4P

1. Fundamentación Teórica.

En los procesos industriales es fundamental el uso de variadores de velocidad puesto q estos brindan un control sobre las variables que afectan a los mismos, lo cual no podía lograrse con el uso de un que el de un arrancador directo por ejemplo. En este orden de ideas, se puede lograr la automatización de un proceso que no sea simplemente algo repetitivo, sino que influya directamente sobre el comportamiento de dichas variables bien sean temperatura, peso, caudal, etc. Lo que permite trabajar procesos más complejos.

Ya que este tipo de módulos pueden ser trabajados de forma local o remota, según las necesidades del usuario, la configuración de los parámetros que este necesita para operar cualquier tipo de motor eléctrico de inducción trifásica, se indican de forma manual,hombre/maquina (HMI) o bien sea estableciendo una comunicación vía CANOPEN con un módulo de control externo (maestro), por lo cual en esta comunicación, usualmente el variador de velocidad queda como esclavo (esta comunicación será explicada de forma más puntual en el desarrollo de ésta guía).

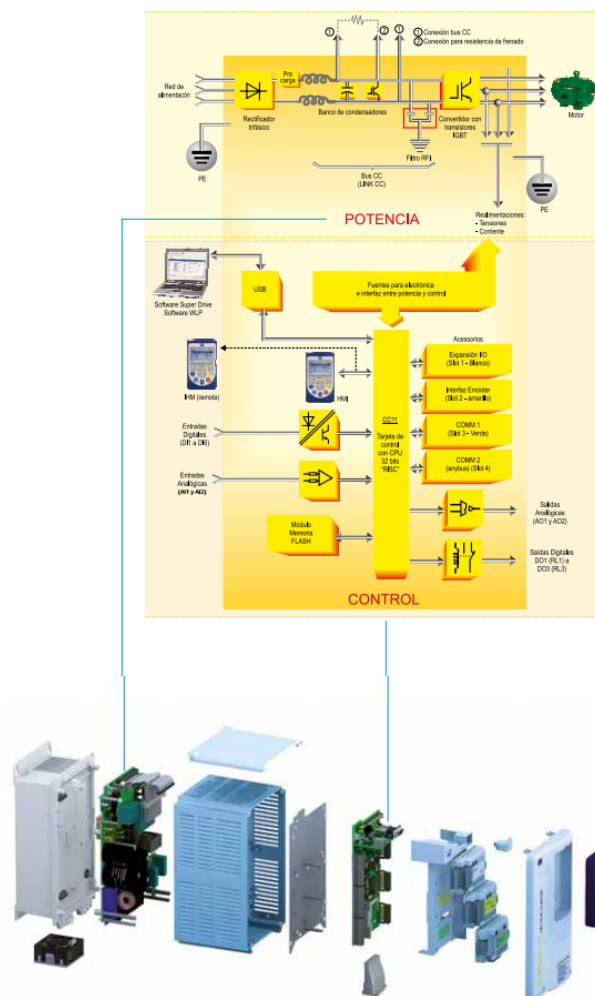
1.1 Variador de velocidad.

El convertidor CFW-11 de WEG además de proteger el motor también protege el sistema/carga; proporcionando aumento de productividad, mejorando la calidad de los procesos, aumentando la vida útil del sistema y ahorrando energía.

Los convertidores de frecuencia CFW-11 hacen que los accionamientos de velocidad variable sean más eficientes, más fiables y más robustos. Adaptados a las necesidades de los accionamientos, los CFW-11 fueron diseñados con tecnología de última generación para accionar motores eléctricos de inducción trifásicos [1].

En la Figura 1. se puede apreciar la composición interna del variador de velocidad.

Figura 1. [1]



2. PROCEDIMIENTO

a. Alimentación de la red de comunicación CANOPEN del variador de velocidad

El variador de velocidad CWF11 utiliza una tarjeta de comunicación la cual no está alimentada por tanto es necesario conectarla a 24v (El cable blanco se conecta al positivo de la fuente y el azul al negativo) de lo contrario no se podrá establecer la comunicación CANOPEN con el PLC y el variador de velocidad generara un error.

b. Configuración de la comunicación CANOPEN

Luego de alimentar la tarjeta de comunicación del variador de velocidad es necesario configurar la comunicación CANOPEN variando los siguientes parámetros en la HMI del variador:

Menú/grupos de parámetros/49-comunicación/112-CanOpen/devicenet
protocolo CAN P0700: protocolo CANopen
Dirección can P0701: 63(dirección ID del variador de velocidad CFW11)
Tasa de comunicación can P0702: 125kbps
Estado com.CANopen P0721: comunic.HAB. (este parámetro de solo lectura indica q la comunicación CAN es posible)

Para trabajar el variador de velocidad en modo remoto (REM) es necesario configurar los siguientes parámetros:

En Menú/Grupos parámetros/ 32 /comando remoto

Selecc. referencia.REM P0222:CANop/DNet/DP(permite trabajar el modo remoto del variador de velocidad con comunicación CAN)
Selección Giro REM P0226: CO/DN/DP (H) (permite asignar una dirección a una variable que indica el sentido de giro del motor en modo remoto)

El variador de velocidad acelera y desacelera los motores, por medio de rampas, estas rampas tienen un tiempo de aceleración y desaceleración que se configuran en los parametros:

Menu/param.alterados

Tiempo aceleración: P0100 (ejemplo 1seg)
Tiempo desaceleración: P0101 (ejemplo 1seg)

c. Selección de parámetros según hoja de especificación del motor a trabajar

Es necesario configurar los parámetros del motor en el variador de velocidad de forma manual mediante la HMI, algunas de estas características del motor eléctrico de inducción trifásica se encuentran en la hoja de especificaciones del mismo.

Menú/grupos parametros/43 datos motor

Factor del servicio del motor/P03098: 1.00

Tensión nominal del motor: P0400: (datos del motor)

Corriente nominal del motor: P0401: (datos del motor)

Rotación Nom.motor: P0402: (datos del motor)

Frecuencia Nom.motor: P0403: (datos del motor)

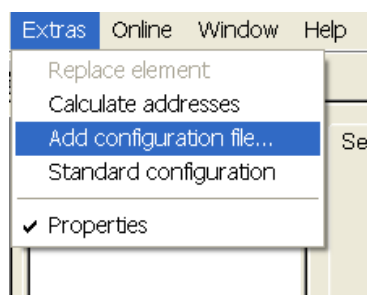
Potencia Nom.motor: P0404: (datos del motor HP)

2.1 Instalación de la librería necesaria para el reconocimiento del variador de velocidad dentro de la comunicación CANOPEN.

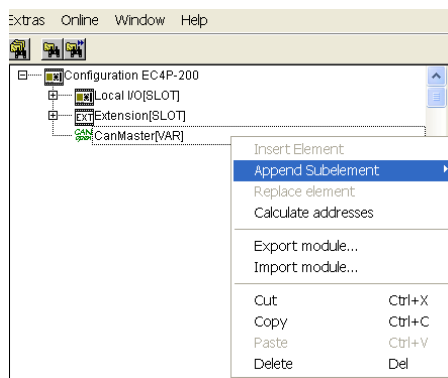
El software codesys requiere un archivo .eds para el reconocimiento del variador de velocidad en la red CANOPEN, este archivo se puede descargar de la siguiente página: (Descargar el archivo **CFW-11 – CANopen n(EDS) (v.2.0X)** que se encuentra en formato zip.) <http://www.weg.net/co/Productos-y-Servicios/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/CFW11-System-Drive>

Una vez descargado el archivo, en el codesys remitirse a extras \ AddConfiguration file y localícelo para agregarlo.

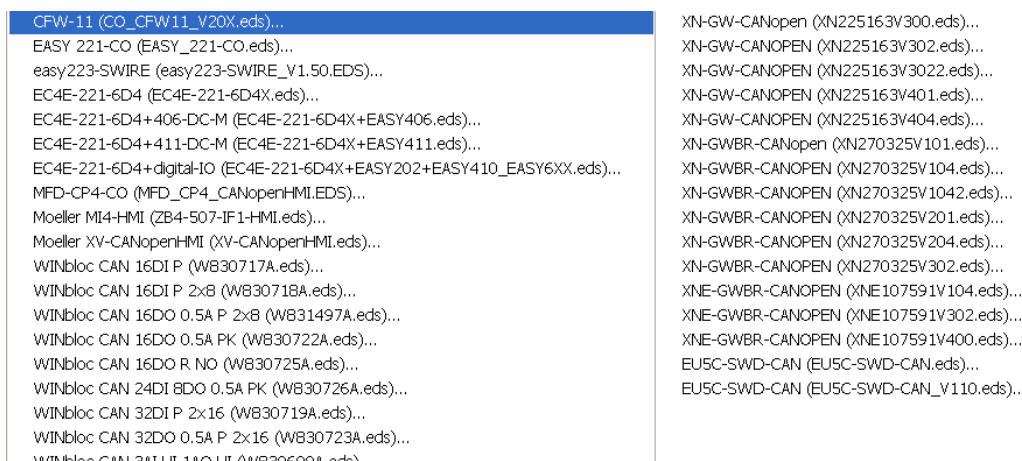
Figura 2.



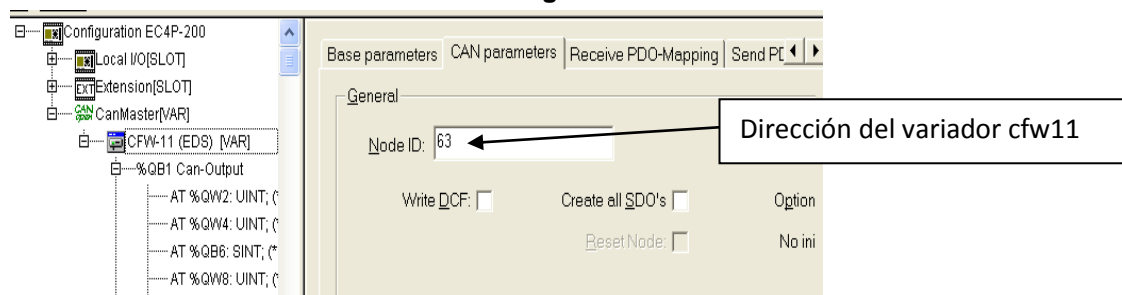
Agregar el CanMaster dar click derecho sobre el mismo, aparecerá una opción para añadir subelementos como aparece en la Figura 3.

Figura 3.

Dar click sobre el archivo “CFW-11 (CO-CFW11_V20X.eds)” para agregar el complemento del variador de velocidad como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

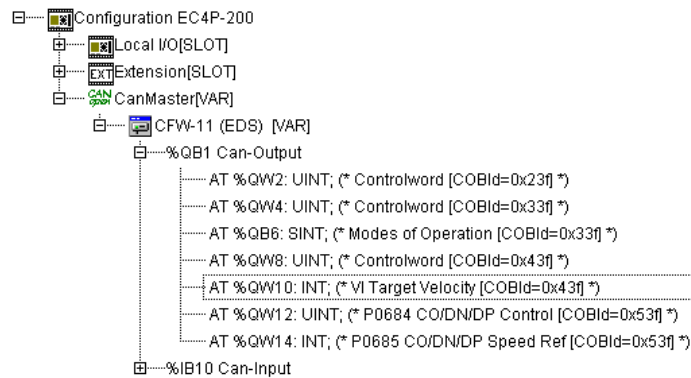
Para establecer la comunicación con el módulo CFW11 en la opción CanParameters del complemento agregado, colocar 63 (el 63 indica la dirección CAN del variador de velocidad CFW-11 el cual se indica anualmente desde la HMI, en el parámetro P=701 “Dirección CAN”)en el nodo ID como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

2.2 Variación de velocidad del motor con interface en ladder.

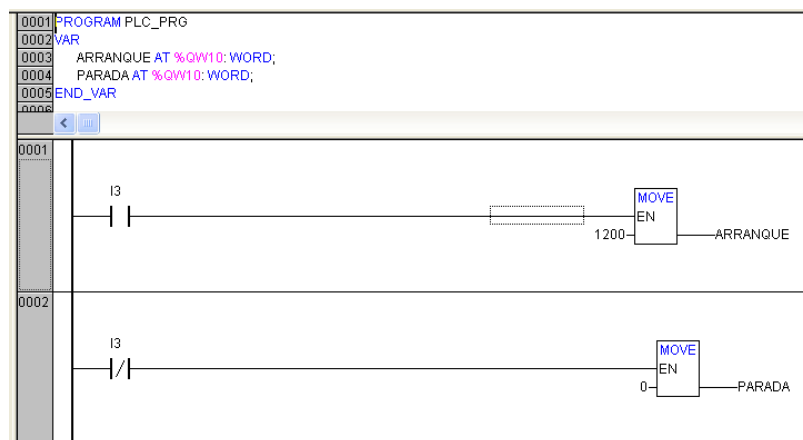
Para variar la velocidad del motor eléctrico de inducción trifásica desde el codesys basta con observar la dirección de la variable que se utiliza para cambiarla, como en caso del siguiente ejemplo donde la dirección es %QW10

Figura 6.



Luego basta con asignar esa dirección a una variable tipo WORD. A dicha variable se asigna el valor de la velocidad en RPM a la cual gira el motor eléctrico de inducción trifásica (este valor se puede verificar en la HMI del CFW11) como se muestra en la Figura 7.

Figura 7.



2.3 Inversión de giro del motor con interface en ladder.

La velocidad del motor posee una palabra de 13 bits q representados en decimal equivalen a 8192, esta palabra representa la rotación nominal del motor.

Descripción:

Permite programar la consigna (referencia) de velocidad para el convertidor vía interface serial. Este parámetro solamente puede ser modificado vía interface CAN (protocolos CANopen). Para las demás fuentes (HMI, USB, Serial, etc.) se comporta como un parámetro solamente de lectura. [2]

En el caso del motor del laboratorio de automatización de la UPTC, con una velocidad nominal de 1130 RPM, se realiza una esclavización para lograr que este gire a una velocidad determinada de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Vel_nominal rpm} - 8192}{\text{X rpm} - \text{consigna en 13 bit}} = \frac{\text{X} \times 8192}{\text{Vel_nominal}}$$

Para cargar el valor de la velocidad se necesita mover la consigna en 13 bit a una variable tipo Word, esta variable tiene la dirección %QW14 que modifica la velocidad del motor.

Para realizar la inversión de giro del motor es necesario configurar la palabra de control del parámetro **“P0684 – Palabra de Control vía CANopen/DeviceNet”**

Tabla 1.

Bits	15 a 8	7	6	5	4	3	2	1	0
Función	Reservado	Reset de Fallas	Parada Rápida	Utiliza Segunda Rampa	LOC/REM	JOG	Sentido de Giro	Habilita General	Habilita Rampa

Funciones de los bits para el parámetro P0684

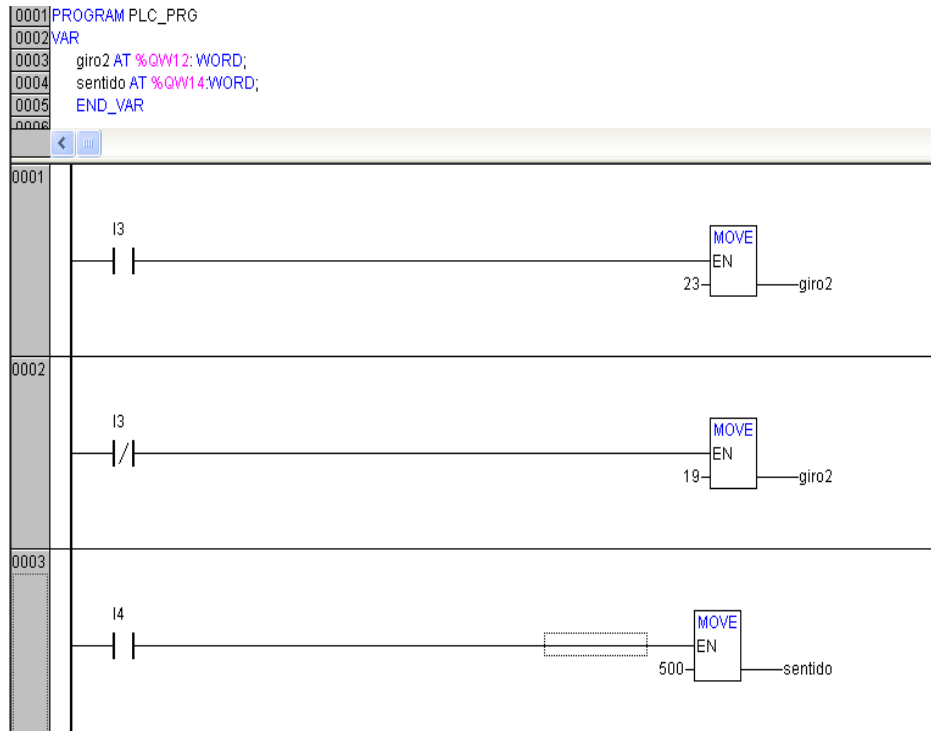
Tabla 2.

Bits	Valores
Bit 0 Habilita Rampa	0: Ejecuta comando de parada por rampa de desaceleración. 1: Gira el motor de acuerdo con la rampa de aceleración hasta alcanzar el valor de la consigna de velocidad.
Bit 1 Habilita General	0: Deshabilita general el convertidor, interrumpiendo la alimentación para el motor. 1: Habilita general el convertidor, permitiendo la operación del motor.
Bit 2 Sentido de Giro	0: Girar motor en el sentido opuesto al de la referencia. 1: Girar motor en el sentido indicado en la referencia.
Bit 3 JOG	0: Deshabilita la función JOG. 1: Habilita la función JOG.
Bit 4 LOC/REM	0: Convertidor va para el modo local. 1: Convertidor va para el modo remoto.
Bit 5 Utiliza Segunda Rampa	0: Convertidor de frecuencia utiliza los tiempos de la primera rampa para acelerar y desacelerar el eje del motor; estos tiempos son programados en los parámetros P0100 y P0101. 1: Convertidor de frecuencia utiliza los tiempos de la segunda rampa para acelerar y desacelerar el eje del motor; estos tiempos son programados en los parámetros P0102 y P0103.
Bit 6 Parada Rápida	0: No ejecuta comando de parada rápida. 1: Ejecuta comando de parada rápida. Obs.: cuando el modo de control V/f o VVW está seleccionado, no se recomienda la utilización de esta función.
Bit 7 Reset de Fallas	0: Sin función. 1: Si se encuentra en el estado de falla, ejecuta el “reset” del convertidor.
Bits 8 a 15	Reservado

De la descripción de la palabra de control se puede obtener el valor que se debe asignar a una variable cargada a la dirección %QW12 para lograr la inversión de giro; de la tabla 2 se puede observar que según la función de cada uno de los bits de la palabra de control se obtiene un “29=00010111” el cual especifica que la rampa está habilitada, el convertidor está habilitado, el

sentido de giro esta habilitado en la referencia y se habilita el modo remoto del variador. Si se desea invertir el giro del motor se coloca en bajo el bit de sentido de giro en la palabra de control "19=00010011".

Figura 8.



3. EJERCICIO DE ENTRENAMIENTO

1. Arrancar el motor con el pc mediante el codesys vía can open, con el variador de velocidad y utilizar el slider para variar la velocidad.
2. Hacer inversión de giro después de sensar un segundo nivel. El primer nivel continúe y se detenga después de 3s.
3. Hacer cambios de velocidad mediante sensado de niveles.

4. RETO DE LA PRÁCTICA

Una empresa que elabora láminas en mdf (figura 9.) posee problemas al transportarlas con un puente grúa ligero.

Figura 9.



El proceso de traslado a los diferentes contenedores en donde se organizan estas láminas, se desea automatizar e instrumentar por protocolos de seguridad y manejo del material usando un PLC. El manejo manual antes de desarrollado el proceso de automatización e instrumentación se puede suponer como la situación reflejada en la figura 10.

Figura 10.



Las acciones de todos los operarios en el transporte de estas láminas serán suprimidas y reemplazadas por el PLC. Por tanto, es necesario tener en cuenta que el traslado de las láminas debe hacerse con precaución debido a que el materia es muy frágil sin que la productividad se vea afectada.

PREGUNTAS

- a) ¿Qué ventajas presenta el sensor fotoeléctrico emisor/receptor, con respecto al sensor únicamente emisor con espejo?
- b) ¿Porque es necesario, para realizar la inversión de giro, colocar el valor de la velocidad en la dirección %QW12 y no en la %QW10?
- c) ¿cuáles de los parámetros que pueden ser variados manualmente considera que deben ser tomados en cuenta para trabajar un motor cualquiera, además de los mencionados en la guía?

REFERENCIAS

[1] Características generales y específicas del Convertidor de Frecuencia CFW-11 por www.weg.net

<http://www.potenciaelectromecanica.com/wp-content/uploads/2013/04/32-WEG-FOLLETO-INVERSOR-CFW-11.pdf>

[2] Manual de parámetros del Convertidor de Frecuencia CFW-11 por www.weg.net

<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw11-manual-de-programacion-0899.5842-3.1x-manual-espanol.pdf>

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SEDE SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN EL AREA DE ELECTRONICA INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA Nº 4 MANEJO DE SENSORES ANALOGICOS USANDO
PLCEC4P200 Y VARIADOR DE VELOCIDAD CFW11**

OBJETIVO

Implementar los sensores analógicos (ultrasónicos) para variar velocidad del motor eléctrico de inducción trifásica mediante el módulo CFW11.

Materiales

- Software CODESYS®
- Cable utp para comunicación CANOPEN
- Computador
- Motor trifásico
- Variador de velocidad (cw11)
- Módulo PLCMoeller EC4P
- Sensores ultrasónicos.
- Programador XU – USB

Fundamentación Teórica

El sensor, en forma general se define como un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales o sea recibe una señal o estímulo y responde a este con una señal eléctrica de salida.

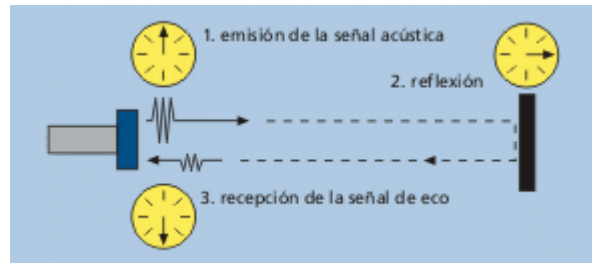
En algunas aplicaciones o procesos industriales es muy común encontrar diferentes tipos de sensores analógicos usados para registrar continuamente las variables físicas que se desean instrumentar, bien sea fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc. [1], estas variables físicas son representas en las salidas de los sensores analógicos con un rango específico de voltaje, el cual usualmente es adecuado mediante un circuito eléctrico de control, en el caso de esta práctica, el PLC.

Sensores ultrasónicos

El sensor ultrasónico emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración. Este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire.

Al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve como eco al sensor ultrasónico. Este último calcula internamente la distancia hacia el objeto, basado en el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal de eco.

Figura 1.



Como la distancia hacia el objeto es medida por medio del tiempo de recorrido del sonido, y no por una medición de la intensidad, los sensores ultrasónicos son insensibles hacia el ruido de fondo [2].

En las aplicaciones industriales, los sensores ultrasónicos se caracterizan por su fiabilidad y excepcional versatilidad. Los sensores ultrasónicos se pueden utilizar para realizar incluso las tareas más complejas relacionadas con la detección de objetos o mediciones de nivel con una precisión milimétrica, ya que su método de medición es fiable en todo tipo de condiciones. Ningún otro método de medición se puede utilizar satisfactoriamente en una escala tan amplia ni en tantas aplicaciones diferentes. Estos dispositivos son muy resistentes, lo que los hace ideales para incluso las condiciones más difíciles.

Figura 2.

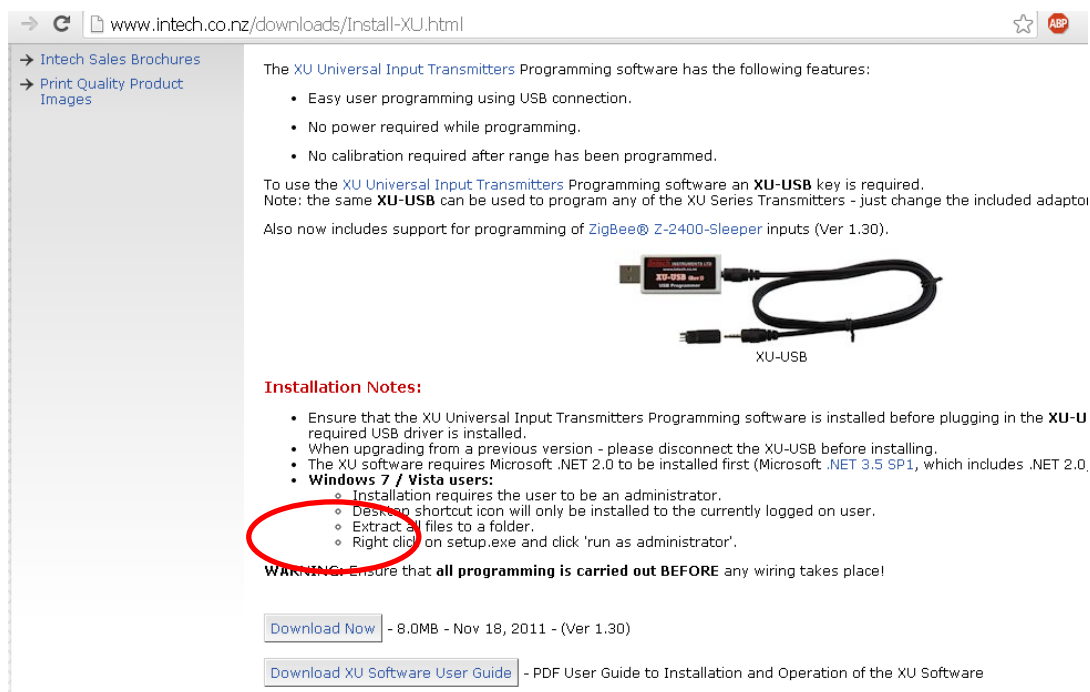


La superficie del sensor se limpia sola mediante vibración, y no es el único motivo por el que el sensor es insensible a la suciedad. El principio físico de la propagación del sonido funciona, con unas pocas excepciones, en prácticamente cualquier entorno. [3]

Instalación del software XU

Link de descarga <http://www.intech.co.nz/downloads/Install-XU.html>

Figura 3.



Una vez se descarga el software se procede a la instalación de la siguiente forma

Figura 4.

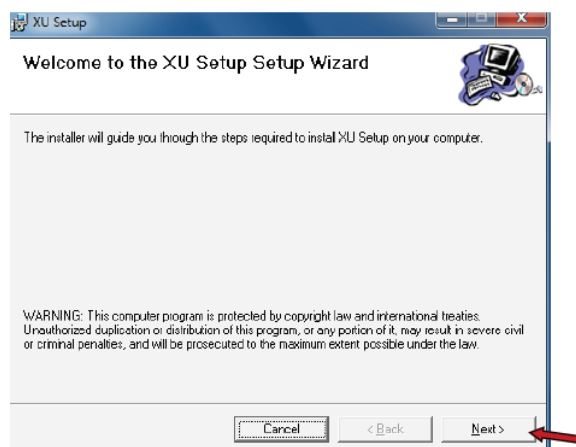


Figura 5.

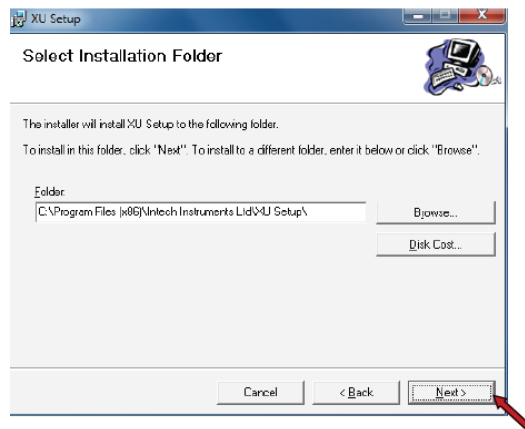
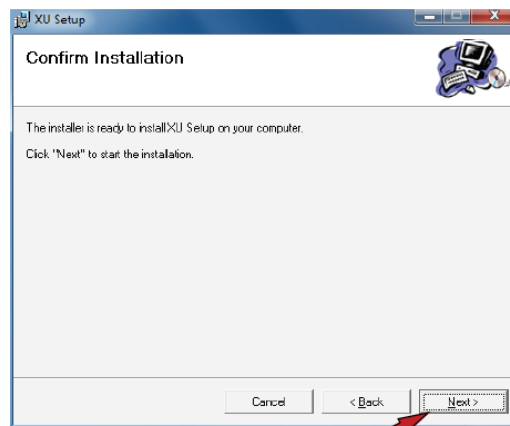
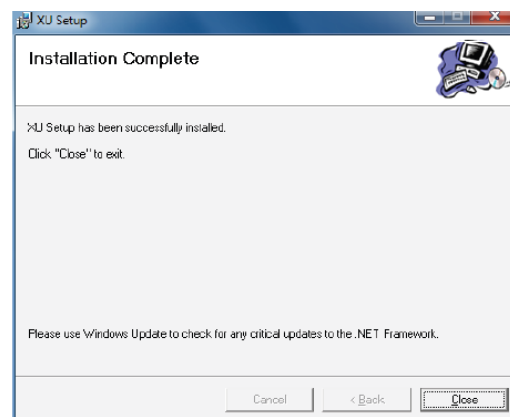


Figura 6.



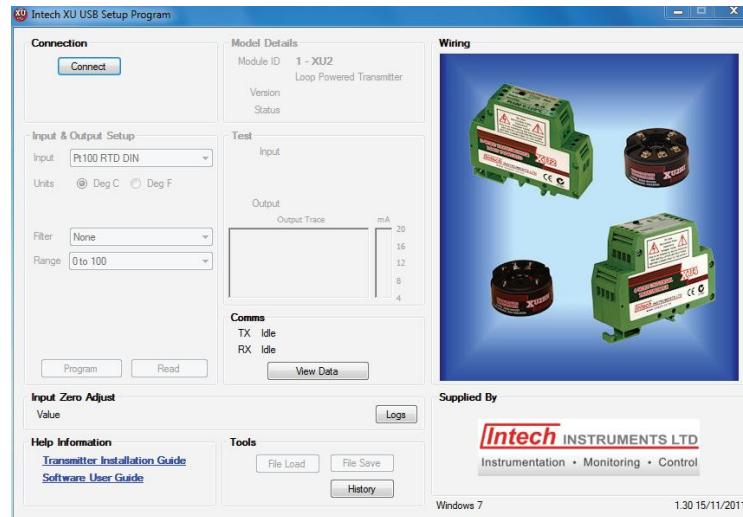
Click para continuar con la instalación

Figura 7.



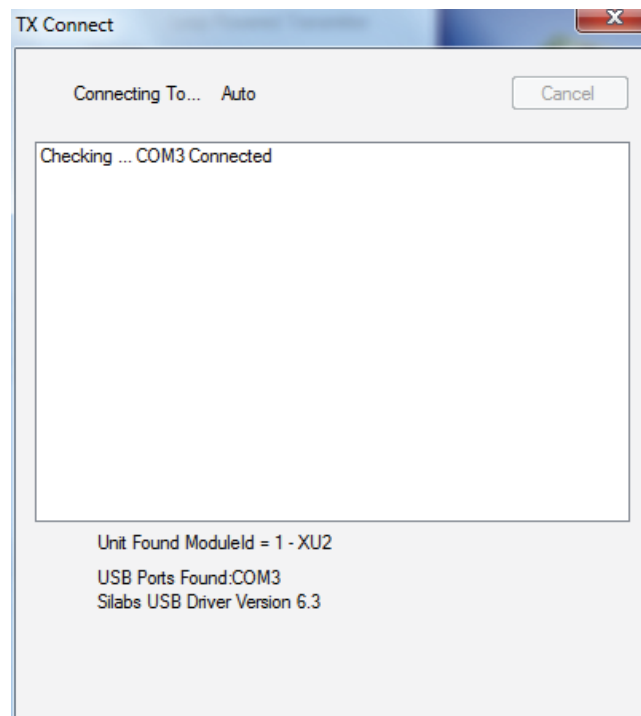
Conecte la llave del programador y espere a que Windows instale automáticamente los drivers. Conecté la llave al transmisor del PLC, dar click en el icono del xu para abrir el programa, luego nuevamente click en “Connect”.

Figura 8.



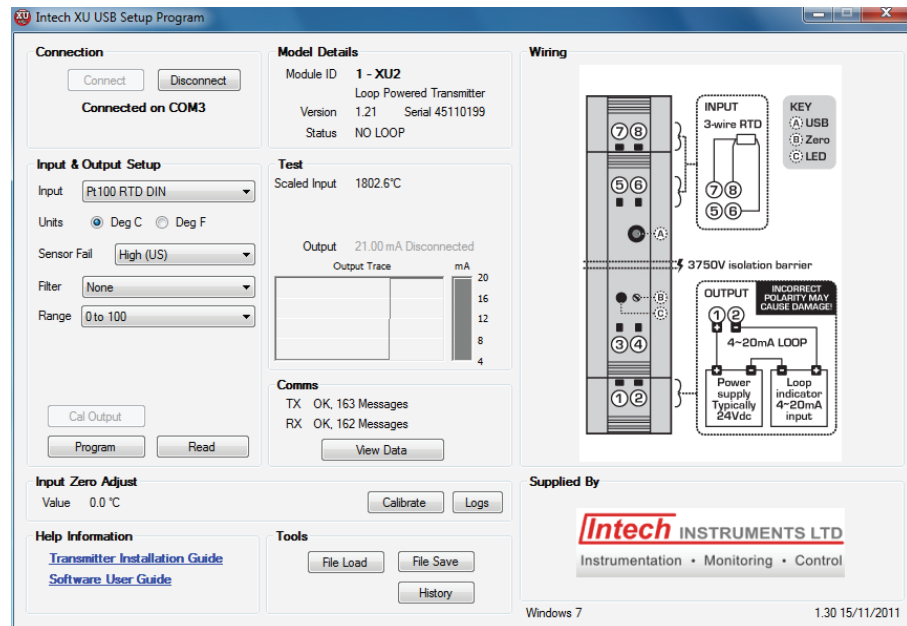
Espere que se establezca la conexión

Figura 9.



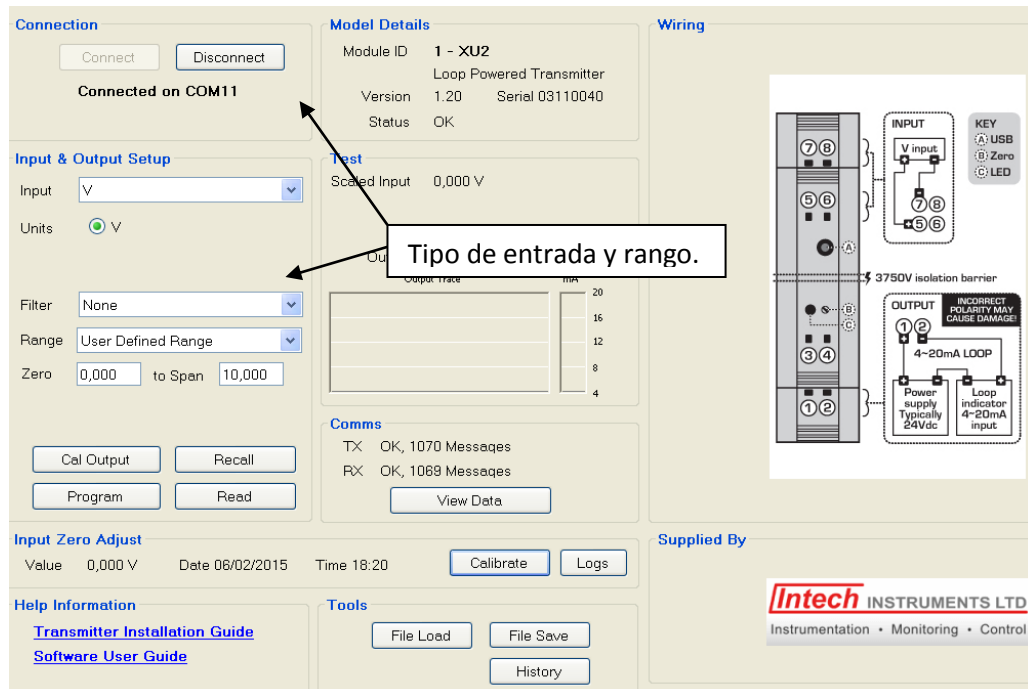
En el panel del programa es posible observar las diferentes conexiones que se pueden establecer dependiendo del tipo de sensor que se va a utilizar.

Figura 10.



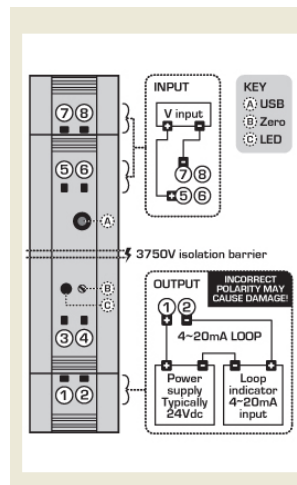
Para el desarrollo de esta práctica, puesto que el sensor a utilizar es ultrasónico, este tipo de sensor ofrece una salida de voltaje variante de 0-10V según la distancia a la que se encuentre el objeto/objetivo.

Figura 11.



Al seleccionar el tipo de entrada del transmisor (en este caso un voltaje, con rango 0-10V) el panel de conexiones del sensor será el siguiente:

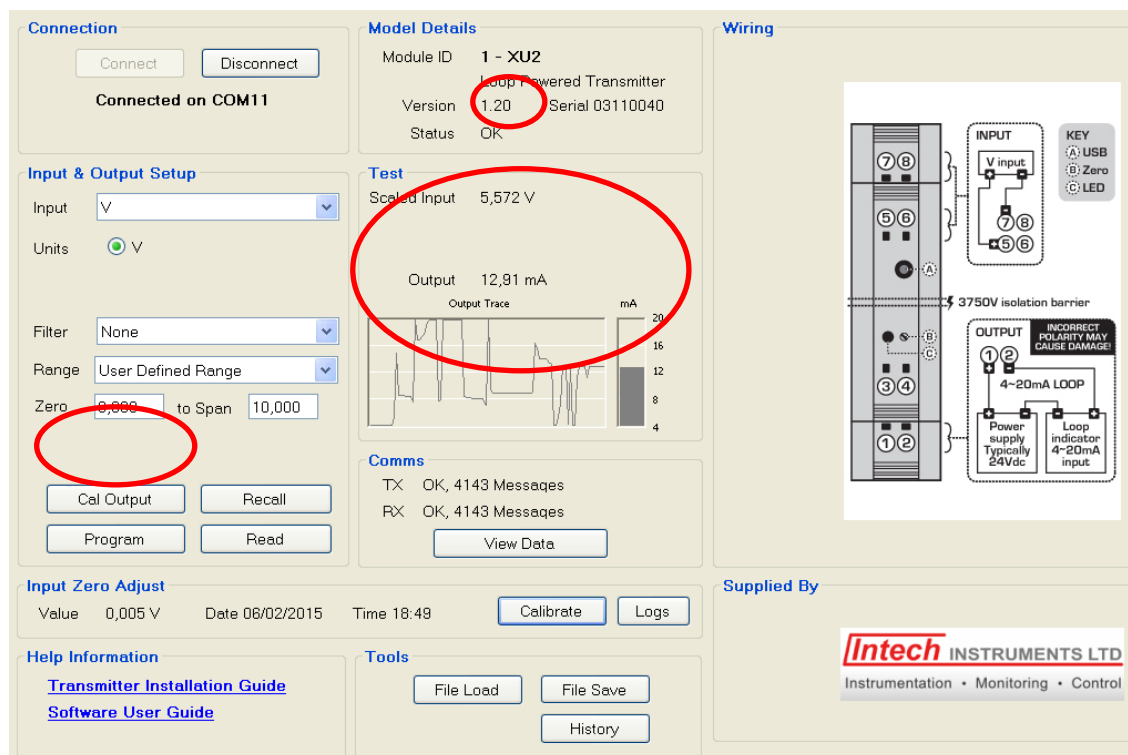
Figura 12.



Es importante tener en cuenta que la entrada del transmisor es una referencia de voltaje, por lo cual es necesario que la tierra del sensor (PLC) vaya conectada al terminal negativo del transmisor (pin 7) como se muestra en panel de conexiones.

Para que el transmisor detecte el sensor basta con dar click en el botón "Program" y luego se mostrara una gráfica del comportamiento de la corriente además de el voltaje indicado por la salida del sensor en tiempo real.

Figura 13.



Programación del sensor

EL KIT DE sensores ultrasónicos del laboratorio de la UPTC CUENTA CON EL “UB-PROD 2” el cual permite programar el sensor como el estudiante lo prefiera, según la aplicación que desee realizar teniendo en cuenta las variables A1 y A2 como límites de sensado.

Figura 14.



Las posibles combinaciones de estos límites se muestran en una pequeña ficha, de esta forma es posible disminuir o aumentar el valor del voltaje de salida del sensor identificando cuál de las variables es mayor que la otra tal y como se muestra en dicha ficha del UB-PROD 2.

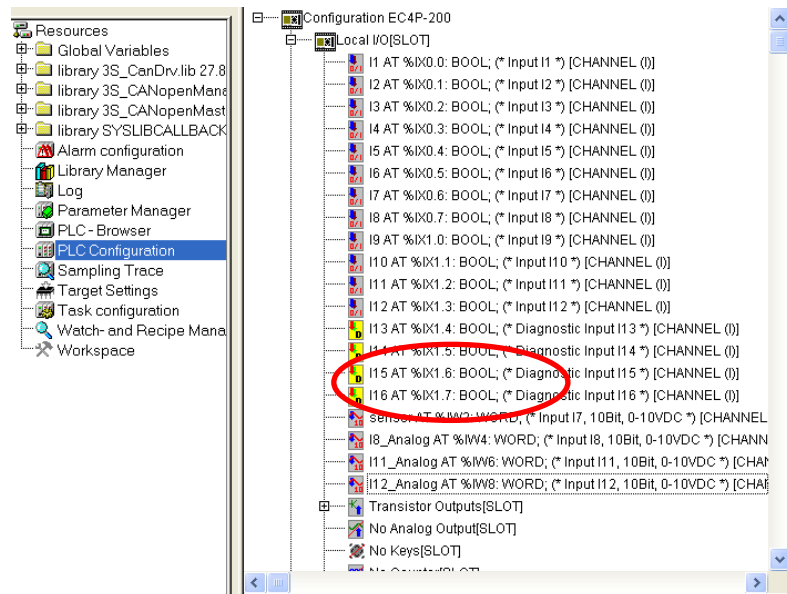
Para identificar el orden en el que se desea colocar las variables A1 y A2 basta con conectar el programador entre la alimentación y el sensor, luego se toma un objeto/objetivo cualquiera y se coloca a la distancia que se desea inicie o termine el sensado, manteniendo oprimido el botón correspondiente a la variable a programar hasta que el indicador del sensor se ponga en color **rojo** o que el sensor **deje de sonar**, esto con el fin de identificar las zonas muertas en las que manualmente se desea que el sensor no aplique.

Variación de velocidad de un motor eléctrico de inducción trifásica, mediante un sensor ultrasónico.

La velocidad del motor puede variar según la distancia a la que el objetivo/objeto sensado, este del sensor ultrasónico. Para lograr esto es necesario realizar un adecuado muestreo a la señal de salida del sensor; luego de haber programado el sensor, para identificar sus zonas muertas, los datos que el transmisor entrega al PLC se interpretan, pues estos valores son el equivalente decimal del valor binario correspondiente a la distancia medida por el sensor.

Al utilizar una entrada analógica del PLC es importante tener en cuenta la dirección que se le asigna por defecto en el codesys. Para conocer esta dirección nos podemos remitir a resource/PLCconfiguration/local I/O(SLOT) como se muestra en la siguiente figura.

Figura 15.



Programación en lenguaje de instrucciones

La importancia de trabajar en lenguaje de instrucciones es que se pueden realizar varias operaciones aritméticas al tiempo, de forma más sencilla y compacta, sin embargo hay que tener en cuenta que tipo de variable se requiere, bien sea tanto en los operandos como en el resultado, pues esto puede generar incongruencias en el código, para lo cual es pertinente remitirse al manual de ayuda de programación en el CODESYS® donde se explica claramente que combinaciones posibles existen para realizar operaciones entre variables tanto de entrada como salida:

The following type combinations for input and output variables are possible:

IN	OUT
INT	INT, REAL, WORD, DWORD, DINT
REAL	REAL
BYTE	INT, REAL, BYTE, WORD, DWORD, DINT
WORD	INT, REAL, WORD, DWORD, DINT
DWORD	REAL, DWORD, DINT
SINT	REAL
USINT	REAL
UINT	INT, REAL, WORD, DWORD, DINT, UDINT, UINT
DINT	REAL, DWORD, DINT
UDINT	REAL, DWORD, DINT, UDINT

En el ejercicio práctico se debe tener en cuenta que los datos son tipo REAL ya que cuentan con una parte entera y otro decimal. Sin embargo la variable real restringe su uso con otros tipos de variables, es necesario convertir el dato a tipo entero (INT), la razón de hacer esta conversión es que la variable para asignar la velocidad del motor no acepta un valor REAL.

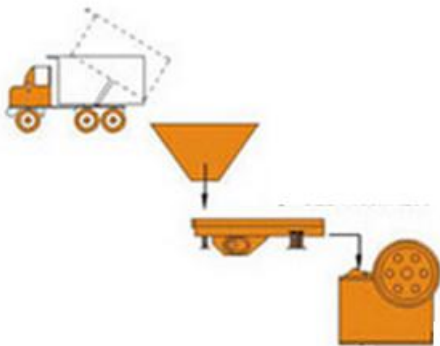
Para cambiar un variable de tipo real a tipo entero puede ser usada la función TRUNC (para más detalles consultar el help del codesys).

EJERCICIO DE ENTRENAMIENTO

Iniciar el movimiento de la banda con un switch del PLC, Utilizando uno de los sensores del laboratorio de automatización de la UPTC, variar la velocidad de la banda transportadora, de tal forma que al acercarse el cubo de madera al sensor, la velocidad de la planta disminuye hasta llegar a 0rpm. En este punto la banda debe cambiar de giro hasta que el cubo de madera llegue al inicio de la banda. Es recomendable usar un temporizador para que el cubo de madera no se salga de la banda transportadora.

RETO DE LA PRÁCTICA

En una ladrillera se presenta la siguiente problemática; en el proceso de trituración secado y molienda de escombros para obtener polvo de ladrillo existe una inconsistencia en el desarrollo continuo de esta actividad por lo que dicho proceso debe detenerse abruptamente y con frecuencia. El proceso es el siguiente:



Volquetas transportan escombros a una tolva, de donde son llevados hasta una trituradora por medio de una banda transportadora.



Este material debe ser secado, por lo cual se pasa por un horno giratorio donde a su vez se termina la etapa de trituración.



El material seco es depositado en una tolva que mediante un tornillo sin fin lo lleva hasta el molino y con esto finaliza el proceso.

Debido a que desocupar la segunda tolva lleva un tiempo considerable en comparacion con su llenado es necesario detener el proceso abruptamente mientras la tolva es desocupada.

Se requiere de un Ing. electrónico con bases en automatización industrial para instrumentar y automatizar dicho proceso de tal forma que pueda ser manejado desde una base remota a través de un PLC. Se desea evitar que las maquinas se detengan para realizar el proceso de forma continua y aumentar la productividad.

Preguntas

- 1- ¿Porque es necesario truncar las variables para variar la velocidad del motor?
- 2- ¿A la hora de programar en lenguaje de instrucciones porque es útil usar este tipo de programación cuando se realizan varias operaciones al tiempo?
- 3- ¿Cuál es la importancia de colocar correctamente el tipo de entrada y rango del sensor?

Referencias

- [1] Proyecto de la escuela de ingeniería eléctrica “Sensores analógicos utilizados en la Automatización Industrial” de la Universidad de Costa Rica <http://eie.ucr.ac.cr>
http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf
- [2] Pagina *microsonic* para información acerca de sensores ultrasónicos.
<http://www.microsonic.de/es/Interesting-facts.htm>
- [3] Pagina de consulta para solucinas de ultima tegnolgia en el campo de la automatización www.papperl-fuchs.es
http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/classid_182.htm